

AUS DER DERMATOLOGISCHEN KLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Professor Dr. Dr. A. MARCHIONINI

HÖHENKLIMA UND VERÄNDERUNGEN AUF DEN ORGANISMUS
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER WIRKUNGEN
AUF DIE HAUT.

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

LANE MEDICAL LIBRARY OF
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR
PALO ALTO, CALIFORNIA

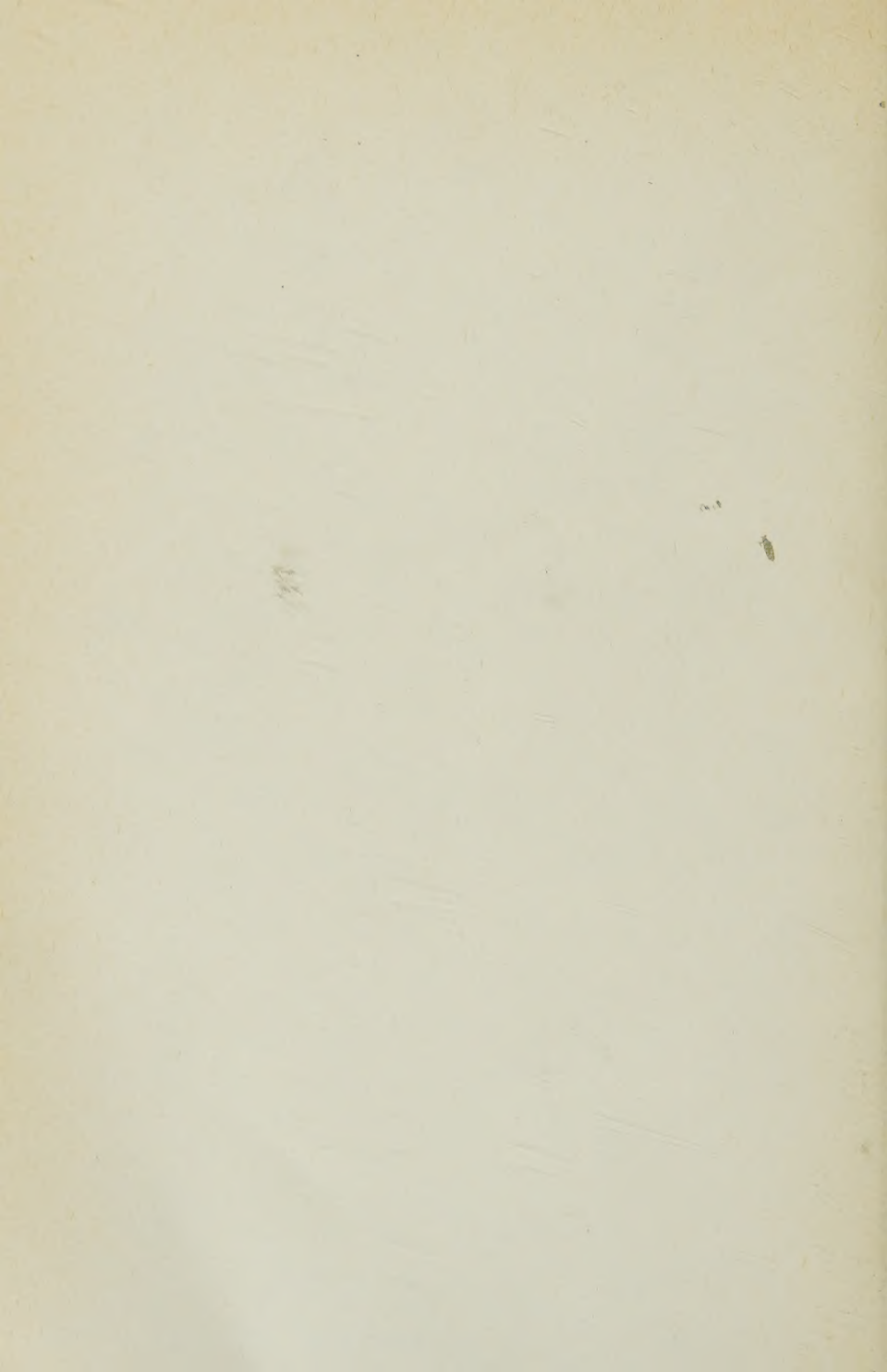
vorgelegt von
Astrid Herrel
aus Willstätt

München 1965



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154016_0026



AUS DER DERMATOLOGISCHEN KLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Professor Dr. Dr. A. MARCHIONINI

HÖHENKLIMA UND VERÄNDERUNGEN AUF DEN ORGANISMUS
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER WIRKUNGEN
AUF DIE HAUT.

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Astrid Herrel
aus Willstätt

M ü n c h e n 1 9 6 5

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter:	Professor Dr. Dr. S. BORELLI
Mitberichterstatter:	Professor Dr. Dr. A. MARCHIONINI
Dekan:	Professor Dr. O. HUG
Tag der mündlichen Prüfung:	4.5. 1965

zur Erinnerung
an meine lieben Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. Einleitung	1
B. Literatur	2
1. Die ersten Stunden in 2000 - 4600 m Höhe	2
II. Die ersten Tage in 2000 - 4600 m Höhe	4
III. Spezielle Wirkungen des Höhenklimas bei längerem Aufenthalt	6
1. Blut	6
2. Blutkreislauf	13
3. Atmung	15
4. Stoffwechsel	16
5. Nervensystem	19
6. Organveränderungen	21
7. Strahlenwirkung	23
IV. Klimatherapie	30
Die bioklimatischen Reizfaktoren und ihr Einfluß auf den Organismus	31
Klimakuren	37
V. Die Behandlung einzelner Krankheitszustände	39
VI. Jahreszeitliche Einflüsse des Wetters	45
VII. Untersuchungen nach der Rückkehr und Beobachtungen über den Erfolg	47
C. Zusammenfassung	48
D. Literaturverzeichnis	51
E. Sachregister	56

A. EINLEITUNG

Übergang in ein fremdes Klima.

Durch die moderne bequeme Reisetchnik wird es vielen Menschen ermöglicht, sich in kurzer Zeit in ein völlig fremdes Klima zu begeben. Obwohl gerade beim Übergang in die Höhe oft stärkere subjektive Beschwerden auftraten, wurden die Reisezeit selbst und die ersten Stunden nach der Ankunft in der Höhe fast nie in die Meßreihen miteinbezogen.

Außer der Reiseanstrengung und der Aufregung bei der Ankunft wirken in der Höhe noch andere Faktoren auf den menschlichen Organismus ein, die in der vorliegenden Arbeit untersucht werden sollen.

B. LITERATUR

I. Die ersten Stunden in 2000 - 4600 m Höhe.

Gesunde Personen zeigten fast ohne Ausnahme direkt nach der Ankunft im Gipfelniveau eine Bradykardie und ein vermindertes Ruheminutenvolumen des Herzens. Die initiale Abnahme des Herzminutenvolumens betrug im Durchschnitt 15 %. Der Blutdruck war in den ersten Messungen nicht deutlich verändert, die Pulswellengeschwindigkeit im Rumpf und der Tonus der Arterien waren in den meisten Fällen leicht erhöht. Der periphere Widerstand wurde als deutlich erhöht berechnet. Insgesamt zeigte die erste Veränderung eine Tendenz zur vagotonen Kreislaufeinstellung. Dies war insofern unerwartet, als bisher angenommen wurde, daß in der Höhe eine sympathikotone bzw. amphotone Kreislaufeinstellung auftritt.

Das subjektive Befinden war besonders in Höhen über 3000 m zu diesem Zeitpunkt durch Müdigkeit und Abgeschlagenheit bestimmt. Die Reisenden gähnten auffallend oft, viele saßen mit geschlossenen Augen und vergaßen das Photographieren, die Unterhaltung in den Abteilen hörte fast vollständig auf, schreibt JUNGSMANN 26.

Wird in dieser Phase eine körperliche Anstrengung gefordert, tritt eine gewisse Kollapsneigung auf. Bei disponierten Menschen wird diese schon in geringeren Höhen manifest.

Eine besonders starke initiale vagotone Kreislaufeinstellung wurde bei Patienten mit hypotonen Kreislaufregulationsstörungen beobachtet, begleitet von dem Gefühl der Schwäche und Hinfälligkeit. Auch Hypothyreosen zeigten eine gut ausgeprägte vagotone Initialphase, ohne jedoch subjektiv belästigt zu sein. Bei älteren Leuten war diese Primärreaktion gering. Erfahrungsgemäß reagieren alte Menschen schwächer auf den Höhenwechsel als junge. Versuche zeigten, daß Personen von über 35 Jahren höhenfester sind als Menschen zwischen 18 und 30 Jahren. Auch beim höhengewohnten Personal der Bergbahnen fehlte diese vagotone Kreislaufeinstellung. Allein durch Unterdruck in der Unterdruckkammer ließ sich diese erste vagotone Phase nicht provozieren. Es muß angenommen werden, daß der abnehmende Luftdruck nicht die alleinige Ursache ist.

"Schon nach etwa einer Stunde Aufenthalt in 2000 m Höhe, in 4600 m nach 3 bis 4 Stunden, entwickelte sich ein fast entgegengesetztes Kreislaufbild, gekennzeichnet durch Tachykardie, Abnahme des peripheren Kreislaufwiderstandes bei immer noch erhöhtem Tonus der großen Arterien. Der Blutdruck Gesunder zeigte zu diesem Termin in 2000 m Höhe eine, allerdings nicht signifikante Erhöhung mit Vergrößerung der Amplitude. In 4600 m Höhe wurden bei Gesunden Anstiege von 120 auf 155 mm Hg systolisch gemessen. Diese

zweite Phase entsprach in allen Einzelheiten der von v. MURALT und Mitarbeitern in 3500 m Höhe ausführlich untersuchten Amphotonie. Besonders markant trat sie in 4600 m in Erscheinung, subjektiv war sie durch eine gewisse Euphorie (Höhenrausch), Schlaflosigkeit, Unruhe bzw. Nervosität bei körperlicher Leistungsminderung gekennzeichnet. Einige Krankheitsgruppen zeigten besonders starke Reaktionen. Zu diesen gehörten hypertone Kreislaufregulationsstörungen und besonders Patienten mit Schilddrüsenüberfunktion" (JUNGSMANN) [26].

II. Die ersten Tage in 2000 - 4600 m Höhe.

Von der amphotonen Kreislaufeinstellung bildete sich zuerst die Minutenvolumensteigerung zurück. In 2000 m Höhe war sie nach 4 Stunden schon nicht mehr vorhanden. Am längsten blieb die Erhöhung des Arterientonus erhalten. Nach 20 Stunden Höhengaufenthalt fanden sich gegenüber den Vorwerten meist etwas erniedrigte Ruheminutenvolumina, während der Tonus der Arterien in allen Versuchen noch deutlich erhöht war. In 4600 m zeigten sich nach der ersten Höhennacht Symptome der Bergkrankheit bei stark gesteigertem Arterientonus, aber normalem Herzminutenvolumen.

Die Dauer der Arterientonussteigerung hängt wesentlich vom durchreisten Höhenklimaunterschied ab. Bei Personen, die kurze Höhengaufenthalte gewöhnt waren, dauerte die Arterientonuszunahme fast eine Woche an.

Der Blutdruck war nicht charakteristisch verändert; man fand einen leichten Anstieg des diastolischen Druckes, der systolische Druck war nicht verändert. Das Extremitäten-EKG zeigte in 2000 m keine auffallenden Abweichungen. Die Ruheatemfrequenz war 16 Stunden nach der Ankunft um 10 % durchschnittlich erniedrigt.

Deutlich war die Abnahme der Vitalkapazität. Auch die maximale Expirationsstärke (Atemstoß) nahm beim Übergang in die Höhe ab.

Die Pulsfrequenzzunahme im Stehen betrug bei den normalen Versuchspersonen im Tiefland wie in den ersten Tagen in 2000 m Höhe etwa 20 %. Ebenso wenig zeigten das Blutdruckverhalten und die Atemfrequenz im Stehversuch charakteristische Veränderungen zu diesem Zeitpunkt. Somit fanden sich als Symptome der Reaktion auf den Höhenklimawechsel zu Anfang zwei schnell aufeinanderfolgende Kreislaufumstellungen, von denen die erste nur etwa 1 Stunde, in 4600 m Höhe 3 bis 4 Stunden anhielt und als vagotone Kreislaufeinstellung definiert werden, die zweite als amphotone bzw. sympathikotone Einstellung aufgefaßt werden kann. Die einzelnen Symptome dieser zweiten Phase der Höhenreaktion klangen unterschiedlich schnell ab, wobei bedacht werden muß, daß die Untersuchungen zwischen 6 und 20 Stunden lückenhaft waren und vom Tagesrhythmus überlagert wurden.

Am schnellsten verschwand die Minutenvolumensteigerung, am längsten blieb in Abhängigkeit von der Stärke des Klimawechsels die Beschleunigung der Pulswellengeschwindigkeit und die Erhöhung des elastischen Kreislaufwiderstandes bestehen. Außerdem fand sich in den ersten Höhentagen eine deutliche Abnahme der Vitalkapazität und eine Verminderung der maximalen Expirationsstromstärke bei leicht erniedrigter Ruheatemfrequenz, eine Erhöhung der Verschmelzungsgrenze (Augen) und eine Verkürzung der Reaktionszeit als Zeichen einer Empfindlichkeitssteigerung der Sinnesorgane und eine relativ hohe Ausscheidung von Porter-Silberchromogenen im Nachtharn als Symptom einer

vermehrten Nebennierenaktivität. In den Kreislaufbelastungsversuchen kam 20 bis 48 Stunden nach der Ankunft in der Höhe nur eine etwas stärkere Pulsbeschleunigung zum Vorschein. An subjektiven Beschwerden wurden in den ersten zwei Höhentagen besonders Schlafstörungen und Unruhegefühl beobachtet. Weiterhin traten Kopfschmerzen und in Einzelfällen Herzsensationen vermehrt auf. In 4600 m Höhe fielen deutliche Symptome der Bergkrankheit auf: Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindelgefühl und subfebrile Temperaturen bis $37,8^{\circ}$ (JUNGSMANN) (20).

Bei allen Höhenversuchen ist wesentlich, daß nicht eine einheitliche Reaktion auf den Klimawechsel erfolgt, sondern daß in bestimmten Zeitabschnitten stärkere Abweichungen oder Wendepunkte eintreten.

Ein solcher Zeitabschnitt ist das Ende der ersten Höhenwoche:

starker Abfall des Arterientonus, Gewichtssturz und das Aufhören der relativ hohen nächtlichen Porter- Silber- Chromogenausscheidung in 2000 m Höhe. Klinisch zeigten sich die ersten Infekte und Entzündungen wie z.B. Tonsillitis, Tracheitis u.s.w.

Ein weiterer Abschnitt ist gegen das Ende der dritten Hochgebirgswoche zu registrieren:

Minimum des elastischen Kreislaufwiderstandes, Wiederanstieg der Ruhepulsfrequenz und der Ruheatemfrequenz, erneutes Auftreten hoher nächtlicher PSC-Ausscheidungen in 2000 m Höhe und klinisch durch einen erneuten Schub von Infekten und subjektiven Beschwerden (Abgeschlagenheit, Hinfälligkeit und depressive Stimmung).

In der vierten Hochgebirgswoche näherten sich die Ruhermeßwerte den Normalwerten.

Die Belastungsversuche in der Höhe spiegelten die schon aus dem Verlauf der Ruhermeßwerte ersichtlichen Phasen deutlich wieder. Nach Abschluß der initialen Reaktion auf den Klimawechsel trat etwa nach einer Woche in 2000 m Höhe eine Phase verstärkter Reaktionen in Erscheinung:

Zunahme der Pulsfrequenzsteigerung nach Lagewechsel, vermehrte Zunahme des Herzminutenvolumens im Sauerstoffmangelversuch, Verkürzung der Reaktionszeit und Erhöhung der Flimmergrenze und Verschmelzungsgrenze. Vitalkapazität und Expirationsstromstärke lagen zu diesem Zeitpunkt noch weit unter dem Ausgangswert.

Die gleichen Symptome zeigten sich nochmals am Ende der dritten Höhenwoche.

III. Spezielle Wirkungen des Höhenklimas bei längerem Aufenthalt.

1. Wirkungen auf das Blut.

Photometrisch bestimmte Recalcifizierungszeit

Zur Bestimmung der Recalcifizierungszeit wurde das von A. v. MURALT angegebene photoelektrische Gerät benutzt. Spezielle Methodik:

Das Blut wurde nach dem vorher berechneten Hämatokritwert so citriert, daß immer gleiche Konzentrationen zustande kamen. Das Citratblut wurde auf 20° C abgekühlt und 5 Minuten bei max. 1500 Touren zentrifugiert. Das Blut wurde im Wasserbad auf 37,6° C gebracht. Die Recalcifizierung erfolgte mit je 0,4 cm³ CaCl₂-Lösung. Als Nullpunkt der Messung wurde der Augenblick der Recalcifizierung angenommen. Von diesem Zeitpunkt an wurde die Lichtdurchlässigkeit der Proben alle 30 Sekunden durch Messung des Photostroms am Galvanometer geprüft. Die erhaltenen Meßpunkte ergaben, graphisch aufgetragen, die charakteristische Gerinnungskurve. Die Intensität der Lichtquelle war mit Hilfe einer Irisblende so eingestellt, daß der Photostrom zu Beginn jeder Messung 90 Skalenteilen entsprach. Die Messung wurde abgebrochen, sobald der untere Schenkel der Kurve sich auf konstante Werte eingestellt hatte. Die Kurve gibt 3 Phasen des Recalcifizierungsvorgangs wieder. Bei der Ausmessung der Kurve ergibt sich eine Reaktionszeit von 75 Sekunden, eine Gerinnungsphase von 45 Sekunden und eine Retraktionszeit von etwa 120 Sekunden. In diesen Versuchen wurde als Recalcifizierungszeit der Schnittpunkt der Tangente am ersten Wendepunkt der S-Kurve mit der Zeitabszisse auf der Höhe der Ausgangsordinate bezeichnet. Besondere Fehlerquellen wurden berücksichtigt, so z.B. die Zeit, in der das Plasma bis zur Recalcifizierung stehen gelassen wird. Ferner ist der Einfluß des Zentrifugierens des Citratblutes zu berücksichtigen, auch die Citrierung, die Temperatur und der Einfluß der Ca⁺⁺-Ionen auf die Gerinnung wurde geprüft.

Ergebnis:

Beim plötzlichen Übergang auf 3450 m ü. M. kann keine sichere Änderung der Recalcifizierungszeit festgestellt werden. Der Mittelwert aus allen Versuchen bleibt bis zum 7. Tag der Höhenperiode gegenüber dem Talwert leicht verlängert.

Am 9. und 11. Tag des Höhengaufenthaltes tritt eine erhebliche Verlängerung auf, die zwischen 46 und 247 % lag, im Mittel 129 % betrug (SCHÖNHOLZER und PORTMANN) [59]. Dieser Verlängerung der Recalcifizierungszeit kann keine besondere Bedeutung beigemessen werden, da dabei die Koagulationsfaktoren 1 - 13 nicht berücksichtigt wurden, ebenfalls nicht, ob die Gläser siliko-

nisiert waren, wieviele Thrombozyten entfernt wurden u.s.w. Zudem könnte allein schon die Zunahme der Erythrozyten im Hochgebirge und der dabei erhöhte Hämatokriwert eine Verlängerung der Rekalzifizierungszeit zustande bringen.

Prothrombinzahlen nach QUICK

Der Prothrombinspiegel im Blutplasma wurde nach der Methode von QUICK [45, 46] bestimmt. Es wurde eine speziell hergestellte Apparatur aus dem Halterianum, Bern, benutzt. Nach QUICK ist die Beziehung zwischen P-Konzentration im Plasma und der daraus resultierenden P-Zeit nicht linear. Es wurde mit folgenden Plasmaverdünnungen gearbeitet: 100 % (= unverdünnt), 50 % und 25 %. Der methodische Fehler (mittlere quadratische Abweichung) beträgt für die

100 %ige Lösung: $\pm 1,30$ Sek.

50 %ige Lösung: $\pm 0,68$ Sek.

25 %ige Lösung: $\pm 1,45$ Sek.

Ergebnis:

Nach dem Aufstieg auf 3460 m ü. M. nahm die P-Zeit erst am 2. Aufenthaltstag zu und erreichte an diesem Tag ihr Maximum, das 19 - 40 %, im Mittel 25 %, höher war, als die Werte im Tiefland. Bei längerem Höhengaufenthalt war die P-Zeit ziemlich konstant und erhöht. Die Durchschnitts-P-Zeit betrug vor dem Aufstieg 37,6 Sek. und während des Höhengaufenthaltes 38,8 Sek. (v. MURALT, G. und HIRSIGER, W) [40].

Der Fibrinogengehalt des Blutplasmas im Hochgebirge.

Das Fibrinogen wurde definiert als der bei der Gerinnung von rekalkifiziertem Oxalatplasma als Fibrin ausfallende Anteil der Plasmaeiweiße.

Es wurde die Methode von CULLEN und von SLYKE [10], modifiziert nach dem Verfahren von BAUMANN [9] angewandt.

Ergebnisse:

Die gemessenen Fibrinogenwerte bewegen sich zwischen den Extremwerten von 227 und 360 mg% und betragen im Durchschnitt 309 mg%. Der mittlere Fehler des Mittelwertes schwankt zwischen ± 12 mg% am 5. und ± 60 mg% am 2. Höhentag. Diese Werte liegen innerhalb der Grenze, die als normal angegeben wird (SCHÖNHOLZER und v. SINNER) [60].

Die Erythrozyten:

Beim Übergang in 1800 m Höhe konnte man bei gesunden Erwachsenen eine geringe Zunahme der roten Blutkörperchen feststellen, von 0,25 bis 0,78 Mill. pro mm³ (BÜHLMANN und WANG) [11].

Das Erythrozytenvolumen wurde nach ALDER [1] bestimmt. Das Einzelvolumen betrug im Mittel vor den Versuchen 84 μ^3 , in 800 m Höhe fiel es ab auf 75 μ^3 und beim Übergang in 3450 m auf 70 μ^3 , während des Höhengaufenthaltes stieg es auf 87 bis 95 μ^3 an (SCHÖNHOLZER, LÜTHI) [58]. Die osmotische Resistenz

der Erythrozyten wurde mit Hilfe einer lichtelektrischen photometrischen Apparatur nach WILBRANDT und HERRMANN [69] bestimmt. Es wurden Streulichtkurven und kolorimetrische Kurven aufgenommen. Während des Höhengaufenthaltes wurde die durchschnittliche osmotische Resistenz langsam erhöht. Die Zellen mit erhöhter Resistenz werden als neugebildet angesehen (WILBRANDT, HERRMANN) [75].

Das Hämoglobin.

Das Hämoglobin wurde mit dem Hämometer von ZEISS bestimmt. Das Hb nimmt beim Übergang in die Höhe deutlich zu, um dann weiterhin relativ wenig anzusteigen (SCHÖNHOLZER, LÜTHI) [58].

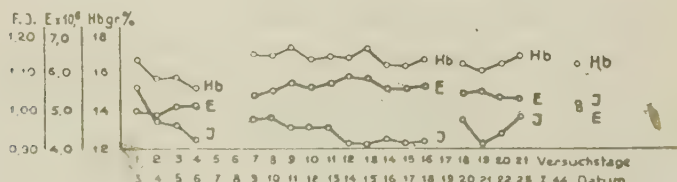


Abb. 1 Mittelwerte von Erythrozytenzahl, Hämoglobin und Färbeindex.
(SCHÖNHOLZER, LÜTHI)

Die weißen Blutkörperchen.

Während des Höhengaufenthaltes steigt die Monocytenzahl langsam an, die Zahl der Eosinophilen wird vermindert, die Lymphozytenzahl ändert sich nicht (JEZLER und VISCHER) [24].

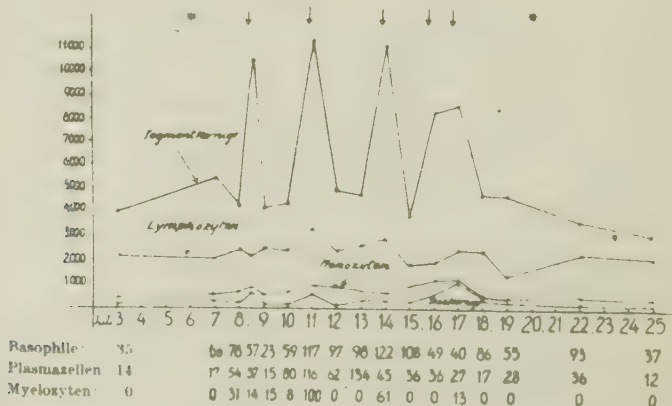


Abb. 2 Leukozytentormen pro cmm Blut (Durchschnittszahlen)
(JEZLER und VISCHER)

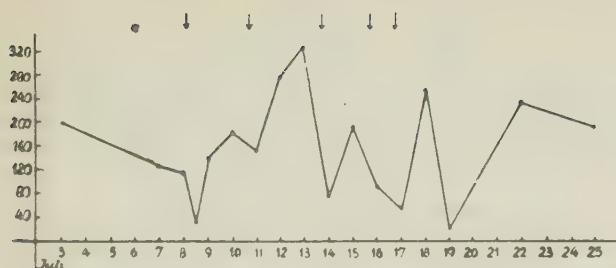


Abb. 3 Eosinophile pro cmm Blut (Durchschnittswerte) (JEZLER und VISCHER)

Die Bluteiweiße im Hochgebirge.

Das Gesamteiweiß wurde mit Hilfe des ZEISS-Eintauchrefraktometers gemessen. Die Albumine und Globuline wurden durch Phosphatfällung getrennt (= Kalium-Phosphatlösung von 2,30 mol.). Mit dieser Lösung werden die Globuline vollständig gefällt und die in der Lösung bleibenden Albumine werden nach KJELDAHL bestimmt.

Gesamteiweiß: Die Refraktometerwerte zeigen schon am ersten Höhentag einen Anstieg, der im Mittel 0,75 g% beträgt. Während des gesamten Höhenaufenthaltes bleiben die Werte erhöht.

Die Albumine steigen ebenfalls in der Höhe an.

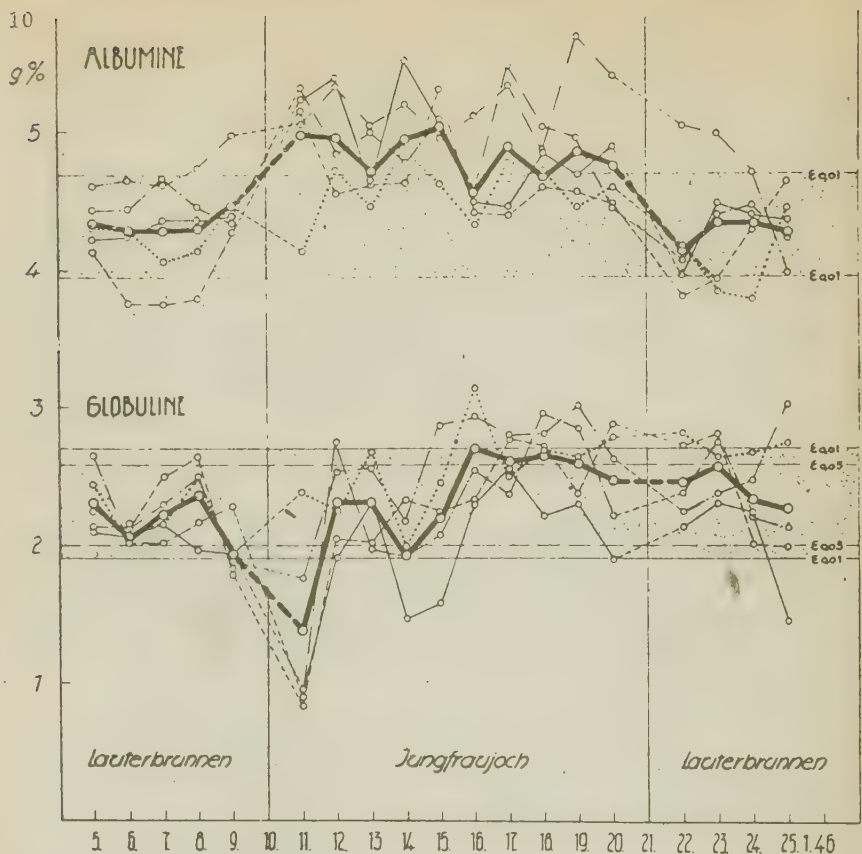


Abb. 4 und 5 Meßwerte der einzelnen Versuchspersonen
(——— = Mittelwert) (v. MURALT, G., NOTTER, B.)

Die Globuline zeigen größere Schwankungen. Man stellte eine Abnahme der Globuline am 1. und 4. Tag fest und eine Zunahme am 6., 7., 8. und 9. Höhentag (v. MURALT, G., NOTTER, B.) [41].

Die Blutgase im Höhenklima.

Der Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes gibt Aufschluß über die Sauerstoffzufuhr zu den Geweben. Der Sauerstoffgehalt des venösen Blutes zeigt die Ausnutzung des Sauerstoffs in den Geweben. Der Kohlensäurewert im Blut gibt Auskunft über die Basen-Säureverhältnisse. Beim Höhengaufstieg fällt zuerst die Abnahme des Sauerstoffdrucks ins Gewicht, d. h. die damit verbundene Abnahme des Sauerstoffpartialdruckes. Da der Sauerstoff etwa 1/5 des Luftvolumens ausmacht, beträgt sein Partialdruck in Meereshöhe (= 760 mm Hg) etwa 150 mm Hg. Das Blut ist zu 96 % gesättigt. Die Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes sinkt bei 5000 m auf 80 %, bei 8000 m auf 60 % und

bei 10 000 m auf 40 % ab. Die Sauerstoffspannung fällt jedoch beträchtlich steiler ab. So findet man z.B. bei 90 % Sättigung etwa 60 mm Hg, bei 80 % Sättigung etwa 45 mm Hg und bei 40 % Sättigung eine Sauerstoffspannung von 25 % (BÜCHNER) [8].

Die Sauerstoffspannung hängt von verschiedenen Faktoren ab:

1. Von der Temperatur. So begünstigt eine niedrige Temperatur die Aufnahme und eine höhere Temperatur die Abgabe des Sauerstoffs.
2. Von der Hämoglobinkonzentration.
3. Von der Wasserstoffionenkonzentration. Die Sauerstoffspannung wird größer bei Ansäuerung.
4. Von den einzelnen Hämoglobinarten. Das fetale Hämoglobin ist schon bei niedrigen Sauerstoffspannungen gesättigt.
5. Von der Kohlensäurespannung. Mit zunehmender Kohlensäurespannung wird auch die Sauerstoffspannung größer. Bei großer Kohlensäurespannung wird die Affinität des Hämoglobins zum Sauerstoff geringer (REIN, SCHNEIDER) [17].

Die Kohlensäurebindung im Blut.

Im Höhenklima fallen pathologische Säuren an, die die Alkalireserve beanspruchen, so daß weniger Kohlensäure gebunden werden kann. Auf der anderen Seite kann es in größeren Höhen zu einer Alkalose kommen. Durch die Verminderung des Sauerstoffdrucks im Blut wird die Atmung angetrieben und entsprechend sinkt der Kohlensäuredruck des Blutes, so daß eine Verschiebung des pH-Wertes in alkalischer Richtung eintritt.

Die Plasma- und Blutmenge im Hochgebirge.

Die Plasma- und Blutmenge wurde mit Hilfe der Farbstoffmethode (KEITH, ROWNTREE, GARAGHTY) [28] bestimmt. Als Farbstoff wurde Evans blue (Tetrazofarbstoff T 1824) verwendet.

In den ersten 24 Stunden nach dem passiven Aufstieg ins Hochgebirge (3400 m) erfolgt eine beträchtliche Entleerung von Blut aus den Depots. Dies führt zu einer Zunahme der zirkulierenden Plasma- und Blutmenge (WIESINGER und TOBLER) [74].

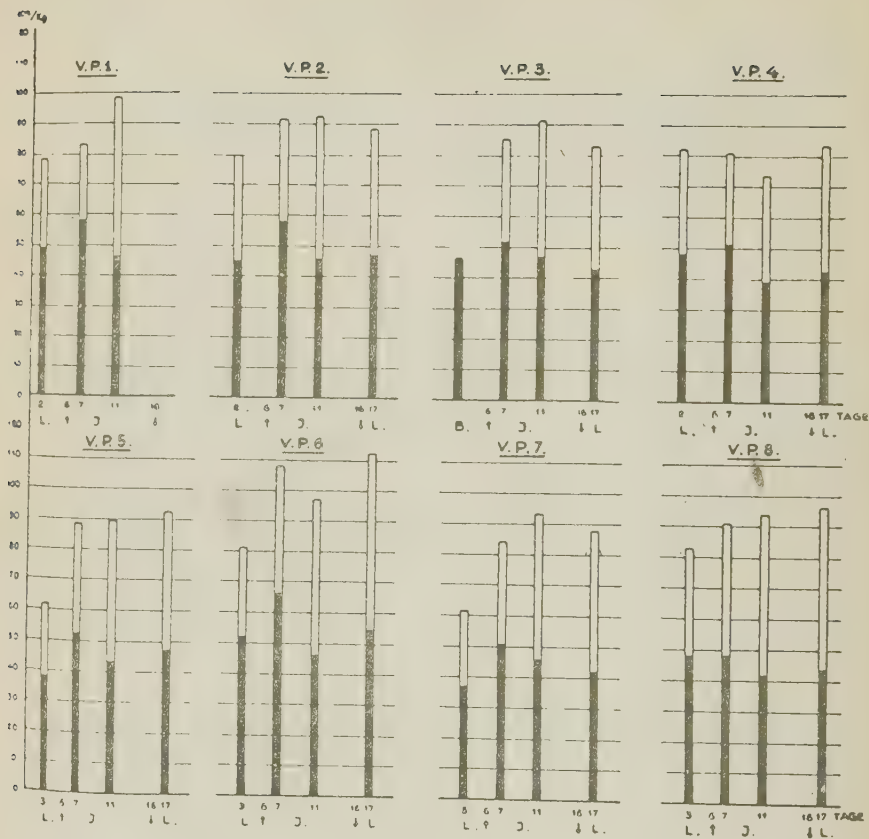


Abb. 6 Die zirkulierende Plasma-(schwarz) und Blutmenge (ganzer Stab).

L= Lauterbrunnen, J= Jungfrauojch, B= Bern.

↑ = Aufstieg ↓ = Abstieg

(WIESINGER und TOBLER)

2. Wirkungen auf den Blutkreislauf.

Die Pulswellengeschwindigkeit im Hochgebirge.

Die Pulswellengeschwindigkeit wurde nach v. MURALT (37) und WIESINGER und STEINMANN (73) gemessen.

Bei der Höhenumstellung ist die Ruhepulswellengeschwindigkeit um 20 - 25 % erhöht, während der übliche Arbeitseffekt einer 20 - 30 %igen Steigerung ausbleibt. Die Ursache dafür soll eine Änderung der Gefäßwandspannung sein. In der Phase der Höhenanpassung geht die Pulswellengeschwindigkeit in absoluter Ruhe wieder auf den Talwert zurück, während in relativer Ruhe eine leichte Steigerung besteht. Der Arbeitseffekt tritt wieder auf (WIESINGER und ABBÜHL) (70).

Die Pulszeiten und ihre Schwankungen im Hochgebirge.

V. TAVEL (66) und GRANDJEAN (21) berichten, daß die mittlere Pulsfrequenz bei absoluter Ruhe während des ganzen Höhengaufenthaltes anstieg und erhöht blieb. Sie fiel im Tal wieder auf die Ausgangswerte zurück. Die orthostatische Beschleunigung der Pulsfrequenz war während und nach dem Höhengaufenthalt größer als vorher. Sauerstoffatmung verkleinerte die Beschleunigung nicht, sondern vergrößerte sie noch mehr. Die respiratorische Arrhythmie bei absoluter Ruhe wurde nicht verändert. Nach der forcierten Tiefatmung kam es in der Höhe zu einer Pulsverlangsamung, welche nicht eintrat, wenn Sauerstoff geatmet wurde. In der Höhe fand man häufig Extrasystolen, besonders Ventrikelextrasystolen, die durch Sauerstoffatmung zu beheben waren. Bei einigen Versuchspersonen traten Bradyarrhythmien auf, die auch nach Sauerstoffatmung verschwanden. Die Ergebnisse zeigen, daß bei der Höhenumstellung sich eine Umstimmung der Tonuslage der bulbären Herzzentren zeigt und sich eine erhöhte Labilität des Herzens einstellt.

Der Blutdruck im Hochgebirge.

Der Blutdruck wurde auskultatorisch mit einem Tonometer nach v. RECKLINGHAUSEN gemessen.

Der systolische Blutdruck steigt bis 7000 m Höhe durchschnittlich um ca. 10 mm Hg an.

Der diastolische Blutdruck fällt in 7000 m Höhe von ca. 75 mm Hg auf unter 60 mm Hg ab (v. TAVEL) (66).

Die Wirkung auf das Herz.

Man fand zunächst eine Verkleinerung des Herzschatens. Nach körperlicher Betätigung traten oft Herzerweiterungen auf, die noch 1 - 3 Wochen nach dem Abstieg blieben. Bei stärkerem Sauerstoffmangel nahm die anaerobe Glykolyse stark zu, die Milchsäure reicherte sich stark an und das Phosphorsäurekreatin fiel steil ab. Bei Tieren fand man nach Unterdruckatmung am Herzmuskel eine Verfettung der Herzmuskelfasern als Folge der Hemmung der Fettverbrennung

und zugleich einer erhöhten Antitoxinbildung von Fett (LOEWY, BÜCHNER) (30, 8).

Der Blutumlauf im Höhenklima.

Das Herzminutenvolumen nahm langsam zu, um nach 5 Tagen ein Maximum zu erreichen, das etwa 40 % über dem Tieflandwert lag. Dann nahm die Umlaufgeschwindigkeit wieder ab bis zu den Tieflandwerten. Im Tiefland sank das Minutenvolumen wieder unter die Norm, um dann wieder auf den Ausgangswert zurückzukehren. Man nimmt an, daß die Blutbeschleunigung als schnell einsetzendes Abwehrmittel gegen den Sauerstoffmangel einsetzt bis die Steigerung an Blut und Blutfarbstoff ausreichend geworden ist, um die Kompensation zu übernehmen. Bei Muskelarbeit war die Sauerstoffausnutzung des sauerstoffarmen, arteriellen Blutes im Hochgebirge in den Kapillaren schlechter als im Tiefland. Im Tiefland wurde 57 % des Sauerstoffmehrverbrauchs bei Arbeit durch verbesserte Sauerstoffausnutzung des arteriellen Sauerstoffs in den Kapillaren bestritten, im Hochgebirge waren es nur 30 %. Dafür steigt das Minutenvolumen um 60 % mehr als bei der gleichen Arbeit im Tiefland. Nach 8 - 10 Tagen geht auch bei Körperarbeit das Herzminutenvolumen zurück unter verbesserter Sauerstoffausnutzung in den Kapillaren.

Auch JUNG MANN [26] schreibt, daß das Herzminutenvolumen in der Höhe vorübergehend zunahm. Diese Zunahme beruhte ausschließlich auf einer Schlagvolumenvergrößerung. In 2000 m Höhe blieb das Herzminutenvolumen bei den Tieflandpersonen (Hamburg) unverändert, bei den Personen aus Innsbruck nahm es deutlich ab.

Der Kreislauf in den Hautkapillaren.

Man untersuchte den Kapillarkreislauf beim Menschen am Nagelfalz mit Hilfe des Hämimikroskops. Im Tiefland fand man eine gleichmäßige Strömung. Im Hochland fand man eine ungleichmäßige Kapillarfüllung, manchmal größere Ansammlungen roter Blutzellen in Klumpen, durch die die Kapillaren an diesen Stellen wie Varizen ausgebuchtet waren. Die Strömung war verlangsamt und ungleichmäßig, es war eine "körnige" Strömung. Man konnte aber zeigen, daß die körnige Strömung allein von der Temperatur abhängig war, die man bei Kälte auch im Tiefland beobachten konnte. Man fand in der Höhe erweiterte Kapillaren, besonders der venöse Schenkel war erweitert und die Strömungsgeschwindigkeit war beschleunigt. Bei Ermüdungszustanden war der Blutstrom in den erweiterten Kapillaren verlangsamt bis zu teilweiser Stagnation. Der Kapillardruck, der im allgemeinen vom arteriellen Blutdruck abhängig ist, wurde beeinflusst von der Hauttemperatur und der Ermüdung. Bei Ermüdung ist er infolge der Kapillarerweiterung herabgesetzt trotz des hohen arteriellen Druckes. Auch die Zahl der gefüllten Kapillaren ist in der Höhe vermehrt.

3. Wirkungen auf die Atmung.

Atemfrequenz und Atemtiefe.

Die Atemfrequenz ist gesteigert, aber auch die Atemtiefe. Im Durchschnitt fand man eine Steigerung der Atmung um 6,7 % in 3500 m Höhe. Man hat die Sauerstoffmassen verglichen, die dem Körper in der Höhe und im Tiefland zugeführt werden. Die in der Höhe geatmete Luft reduzierte man auf den Normalzustand und fand dabei, daß die reduzierten Luftvolumina in der Höhe geringer waren als im Tiefland (WILBRANDT und SOMMER) [76].

JUNGMANN [26] fand dagegen, daß die Ruhe-Atemfrequenz im Durchschnitt in 2000 m Höhe ständig unter den Ausgangswerten der Ebene blieb, die niedrigsten Frequenzen wurden in der 3. Woche gemessen.

Die Atmungsform im Höhenklima.

Man fand in Höhen um 3500 m eine wechselhafte Atemtiefe, d. h. es entstanden Perioden von zu- und abnehmenden Atemzügen. Man fand zuerst eine Verlängerung des Expiration, dann eine Atempause am Ende des Expiriums, dann folgte eine periodische Atmung, die in eine CHEYNE-STOKES'sche Atmungsform überging (LOEWY) [30].

Das Atemzentrum.

Man fand eine Steigerung der Erregbarkeit des Atemzentrums. Diese Steigerung erfolgte nur bis zu einer Höhe von 3500 m. Von 4000 m ab kommt es zu einer Lähmung dieses Zentrums. Durch Sauerstoffatmung kann man diese Funktionssteigerung beheben, während Kohlensäureatmung keinen Einfluß darauf hat (LOEWY) [30].

Die Atemmuskulatur im Höhenklima.

Bei langem Aufenthalt in großen Höhen fand man eine Kräftigung der Atemmuskulatur.

Die maximale Expirationsstromstärke (Atemstoß) nahm beim Übergang in die Höhe ab.

Die alveolare Sauerstoffspannung im Höhenklima.

Im Höhenklima nimmt die Sauerstoffzufuhr zu den Lungenalveolen ab und so muß die Sauerstoffmenge und die Sauerstoffspannung in den Lungenalveolen mehr und mehr sinken. Von der Sauerstoffspannung hängt der Grad der Sauerstoffsättigung des Hämoglobins und die Sauerstoffspannung im Blutplasma ab, damit sinkt auch die Sauerstoffversorgung des Gewebes. Sinkt sie unter einen bestimmten Wert, so kommt es zu anoxymischen Vorgängen mit ihren Folgen. Die Grenze, bei der einzelne Gewebe ihren Sauerstoffmangel anzeigen, ist verschieden, manche Zentren des verlängerten Marks zeigen schon Anzeichen, wenn man den Sauerstoffgehalt des Blutes kaum vermindert gefunden hat. Schwere Krankheitser-

scheinungen treten auf, wenn die Sättigung des Hämoglobins auf rund 85 % gesunken ist. Die alveoläre Sauerstoffspannung betrug in 800 m Höhe rund 96 mm Hg, in 3500 m rund 64 mm Hg.

Die alveoläre Kohlensäurespannung im Höhenklima.

Die Kohlensäurespannung war in 3500 m im Mittel um 19,7 % erniedrigt.

4. Wirkungen auf den Stoffwechsel.

Man stellte fest, daß jeder Kühlreiz den Umsatz steigert, jedoch auch Wärme bewirkt über die Kreislaufbelastung eine Stoffwechselsteigerung. So wird man durch Luft- und Sonnenbäder am nackten Menschen eine Stoffwechselsteigerung erreichen können. Im Hochgebirge belastet der erschwerte Sauerstofftransport Herz und Kreislauf, jedoch wird der Grundumsatz im Laufe einer längeren Kur gesenkt, ohne daß dieses Phänomen ganz zu erklären ist. Man denkt an eine zentralberuhigende Wirkung.

Der Eiweißstoffwechsel.

Zur Messung der Eiweiß- und Polypeptidausscheidung wurde die modifizierte Methode von HAHN und WOLFF [78] angewandt. Die Eiweißausscheidung im Hochgebirge ist uncharakteristisch. Die Polypeptidausscheidung steigt beim Übergang in die Höhe leicht an. Nach 8 Tagen Höhengaufenthalt folgt ein deutlicher Abfall (SCHÖNHOLZER, COTTIER) [55].

Veränderungen des Harns.

Die Ammoniakausscheidung wurde nach einer modifizierten Methode von CONVAY [9] gemessen.

Beim Übergang in die Höhe kommt es zunächst zu einer verhältnismäßig kurz dauernden Einschränkung der Ammoniakmenge gleichzeitig zu einer Gesamtsäureeinsparung, die jedoch nach 4 Tagen abgeklungen ist. Bei weiterem Höhengaufenthalt ist die Ausscheidung wieder normal. Nach dem Abstieg nimmt die Ausscheidung wieder zu. Die Ammoniakzahl nach HASSELBACH (= der prozentuale Anteil des Ammoniakstickstoffes am Gesamtstickstoff) nimmt zu Beginn des Höhengaufenthaltes deutlich ab. Der HENDERSON'sche Quotient (Ammoniak zu Titrationsacidität) nimmt zu Beginn des Höhengaufenthaltes zu. Die Korrelationskoeffizienten zwischen Ammoniak und Titrationsacidität nehmen sowohl beim Übergang in die Höhe als auch beim Abstieg ab. Die Fähigkeit der Ammoniakbildung ist individuell verschieden und Sauerstoffmangel dürfte keinen Einfluß darauf haben (SCHÖNHOLZER, GROSS) [56].

		Titration- acidität	Ammoniak	Gesamt- acidität
Vorperiode	Mittel	39,1	34,9	74,5
	Maximum	69,4	61,4	122,6
	Minimum	16,1	17,2	33,9
Höhenperiode I	Mittel	28,9	28,3	57,2
	Maximum	61,5	48,6	88,8
	Minimum	12,1	13,2	26,5
Höhenperiode II	Mittel	43,0	35,6	78,8
	Maximum	64,6	68,2	128,0
	Minimum	6,5	5,9	12,4
Nachperiode	Mittel	48,1	44,7	92,5
	Maximum	67,8	98,4	134,3
	Minimum	33,2	26,8	61,7

Tab. 1 (SCHÖNHOLZER, GROSS)

In den ersten Tagen des Höhenaufenthaltes findet sich eine leichte Zunahme der Harnmenge bei ungefähr gleichbleibendem spezifischen Gewicht. Daneben besteht während des gesamten Höhenaufenthaltes eine Nykturie. In den ersten Höhentagen tritt infolge der drohenden Alkalose eine erhebliche Einsparung von freier und an NH_3 gebundener Säure im Harn auf. Das bedeutet einen Anstieg der pH-Werte, somit eine Verschiebung der Titrationskurven. Mit zunehmender Akklimatisation läßt die Säureeinsparung nach, so daß es nach einiger Zeit teilweise zu größerer Säureausscheidung kommt als in der Vorperiode. Die Ursache dafür sieht man in der Zunahme der Plasmaalkaloide, der Abnahme des Natriumgehalts und besonders in der durch die Hämoglobinzunahme verbesserten Pufferungsfähigkeit des Blutes. Diese Faktoren stellen trotz der herabgesetzten Alkalireserve ein neues Gleichgewicht her. Die spezifischen Widerstände sind entsprechend einer erhöhten Elektrolytausscheidung zu Beginn des Höhenaufenthaltes niedrig. Ein allgemeiner Anstieg zwischen dem 5. und 6. Tag geht nach dem 7. Tag wieder zurück, vielleicht infolge der vermehrten Säureausscheidung (SCHÖNHOLZER, GROSS, MARTHALER) [57].

Der Kohlehydrat- und Fettstoffwechsel.

Die klimatisch ausgelösten Wirkungen auf den Zuckerhaushalt beruhen ebenfalls sowohl auf thermischen als auch auf Strahlungsreizen. Kühlreize steigern den Blutzucker, ohne daß Glykosurie eintritt. Sonnenbäder können zu erheblichem Blutzuckerabfall führen (Gefahr des hypoglykämischen Schocks). Die im Hochgebirge nachgewiesene Tendenz zur Hypoglykämie wird als Zeichen von Vagotonie gedeutet. Nach längerem Kuraufenthalt tritt eine Hebung der Glykositoleranz ein (Verbesserung der Glykogenie der Leber und Förderung der Zuckeroxydation im Gewebe) (VOGT, AMELUNG) [67].

Körpergewicht.

Als ein wichtiger Maßstab des Erfolges klimatischer Kuren gilt die Gewichtszunahme. Die Veränderung des Körpergewichts ist im allgemeinen komplexer Natur: Wasserspeicherung, Fettansatz, Eiweißansatz, Zunahme der Muskulatur und Skelettwachstum. Gewichtszunahmen zeigen auch jahreszeitliche Schwankungen, z.B. ein Maximum im Herbst. Diese Auffüllung der subkutanen Hautfettschicht ist heilklimatisch erwünscht, sie erleichtert die Wärmeregulation und stabilisiert den Wärmehaushalt (VOGT, AMELUNG) [67].

JUNG MANN dagegen schreibt, daß die Körpergewichtsbestimmungen in 2000 m Höhe zwischen dem 2. und 8. Höhentag einen deutlichen Gewichtssturz erkennen ließen, der im Mittel 1,5 kg betrug, im Einzelfall bis zu 3 kg ausmachte und bei allen Versuchspersonen auftrat.

Eisenresorption.

Der Eisenresorptionstest wurde nach der modifizierten Methode von HEILMEYER PLÖTNER durchgeführt.

Im Eisenbelastungstest zeigte sich auf der Höhe, daß bis weit in die 3. Woche hinein ein latenter Eisenmangel bestand (JUNG MANN) [26].

Der Wasserhaushalt im Höhenklima:

Die Höhenluft hat eine größere Trockenheit. Das führt zu gesteigerter Verdunstung. Die Wirkung der Trockenheit wird aber durch die niedrigeren Temperaturen kompensiert:

1. Die Wasserabgabe durch den Harn ist gesteigert.
2. Die Hautwasserabgabe ist in der Höhe vermindert.
3. Die Wasserabgabe in den Lungen. Je trockener die Einatemungsluft ist, umso mehr Wasser müssen die Lungen abgeben. Dafür verschiebt sich dann das Verhältnis Lungenwasser zu Hautwasser (im Tiefland 1:3, in der Höhe umgekehrt). So wird auch die Austrocknung von Mund, Nase und Rachen bei Bergsteigern verständlich.

Die Schweißsekretion wird in der Höhe eingeschränkt.

Die Wirkung auf die Körpertemperatur.

Man fand die Körpertemperatur bis 4000 m Höhe bei völliger Körperruhe um $0,2 - 0,3^{\circ}$ erhöht. Nach der Rückkehr aus der Höhe stellte sich die Körpertemperatur auf einen niedrigeren Wert ein, als sie vor dem Aufstieg gewesen war. In Höhen über 4000 m wird die Körpertemperatur gesenkt.

5. Wirkungen auf das Nervensystem

Wirkungen auf das Zentralnervensystem.

Durch den O_2 -Mangel in der Höhe wird der arterielle O_2 -Druck gesenkt und dadurch die Atmung angeregt. Durch die gesteigerte Atmung wird der CO_2 -Druck gesenkt und es steigt der pH-Wert. Die Verminderung des CO_2 -Drucks bewirkt eine vorübergehende Labilität der Erregbarkeit des Zentralnervensystems, womit man die nervösen Störungen des Allgemeinzustandes (Schlaflosigkeit, Schwindel u. s. w.) erklären kann. Diese Erscheinungen sind also eine indirekte Wirkung des Sauerstoffmangels.

Nur bei extremer Cerebralsklerose kann ein direkter Sauerstoffmangel, durch Sauerstoffgewebedrucke unter 12 mm Hg, möglich sein, schreibt BRENDel (7).

Die Erregung des Muskelsystems und der Sinnesorgane:

In mittleren Höhen besteht eine leichte Ausführbarkeit der Muskularbeit, in größeren Höhen geht sie ins Gegenteil über. Die Muskularbeit wird schwerer, das Ermüdungsgefühl tritt immer früher ein. Das ist die Auswirkung des Sauerstoffmangels. Im Hochgebirge überschätzt man allerdings die muskuläre Leistungsfähigkeit. Manchmal beobachtete man ein gelegentliches Auftreten tetanieartiger Erscheinungen in übergroßen Höhen an den Fingern und den Massetern.

Um den Muskeltonus quantitativ zu messen, wurden von FLEISCH und GRANDJEAN (17) zwei Apparate konstruiert, von denen der eine die Dehnbarkeit und der andere den Dehnungswiderstand von Oberarmmuskulgruppen mißt.

Auch der Muskeltonus ist verändert, die Muskelhärte ist gesteigert. Sauerstoffatmung führte diese Muskelhärte nicht zur Norm zurück.

In größeren Höhen kommt es auch zu Koordinationsstörungen der Muskeltätigkeit. Man erkennt sie an der Handschrift, die fehlerhaft und zitterig wird.

In 3500 m Höhe fand man an den ersten Tagen nach dem Aufstieg eine geringe Tonuserhöhung der Skelettmuskulatur. Nach einigen Tagen kam es zu einer deutlichen Abnahme des Muskeltonus. Nach der Rückkehr in die Tiefebene fand man eine über die Normalwerte hinausgehende Tonuszunahme. Künstliche Sauerstoff- oder Kohlensäurezufuhr hatte in der Höhe keine Wirkung auf den Muskeltonus (FLEISCH und GRANDJEAN) (17).

Die Chronaxien wurden mit dem klassischen Apparat von LAPICQUE gemessen.

Die motorischen Rheobasen und Chronaxien zeigten in der Höhe keine charakteristischen Veränderungen. Die sensiblen Rheobasen dagegen senkten sich und die sensiblen Chronaxien verlängerten sich. Das Acetylcholin und das Adrenalin hatte weder in der Höhe noch in der Tiefe einen Einfluß auf die Rheobasen und Chronaxien (GRANDJEAN, POSTERNAK, WARIDEL) [22]. Die Reizschwelle des Drucksinnes wurde mit dem Apparat von FLEISCH [16] gemessen. In 3500 m Höhe waren die Reizschwellen des Drucksinnes an den ersten Tagen des Höhengufenthaltes deutlich erniedrigt. Während des Höhengufenthaltes haben die Druckschwellen in verschieden starkem Maße die Tendenz, sich wieder den Talwerten zu nähern. Zwischen dem männlichen und weiblichen Geschlecht gibt es im allgemeinen keinen Unterschied, obwohl die Reizschwellen beim weiblichen Geschlecht etwas niedriger lagen als beim männlichen (GRANDJEAN) [21].

Die Reizschwellen der vier Geschmacksqualitäten: bitter, sauer, salzig und süß waren während des Höhengufenthaltes erniedrigt. Sie stiegen erst nach der Rückkehr ins Tiefland wieder an. Aus allgemeinen Befunden geht hervor, daß die Erregbarkeit des Geschmack- und Drucksinnes in Höhen um 3500 m erhöht wird, um bei Erreichen einer Höhe von 5000 m immer mehr herabgesetzt zu werden. Im Auge wurde die Schwelle der Sensibilität und die Schnelligkeit der Adaptation gesenkt. Die Adaptation an die Dunkelheit wurde mit dem Adaptometer von ENGELKING und HARTUNG [14] gemessen. Die Pupillen wurden verengt, die prozentualen Flächenunterschiede zwischen Morgen- und Abendpupille nahmen ab und die prozentualen oszillatorischen Pupillenschwankungen wurden verkleinert. Die Verengerung der Pupille in der Höhe wird hauptsächlich als Folge der Senkung der Reizschwelle der Retina in der Höhe angesehen.

Zusammenfassend läßt sich sagen: die Schwelle der Hautsensibilität auf Druck wird gesenkt, ebenfalls die der Geschmacksempfindung. Die Schwelle des Patellarsehnenreflexes wird gesenkt und die Intensität des Reflexes gesteigert. Die Amplitude der Gleichgewichtsschwankungen wird erniedrigt, die Zeit der optischen Erregung wird verkürzt. Man schließt daraus, daß das cerebro-spinale Nervensystem angeregt wird, was gleichzeitig eine Anregung der animalischen Funktionen bedeutet. Diese Anregung erfolgt aber nur bis zu einer Höhe von 3500 m. Von 4000 m an stellt man eine Lähmung dieser Funktionen fest. Durch Sauerstoffatmung kann man diese Funktionssteigerung beheben, während eine Kohlensäureatmung keinen Einfluß darauf hat. Das Adrenalin kann ebenfalls eine Steigerung der gezeigten animalischen Funktionen hervorbringen, während sie durch Acetylcholin gesenkt werden. Das steht mit der Anschauung in Verbindung, daß in der Höhe ein Vorherrschen des Sympathicus bestehe (POSTERNAK) [44].

6. Organveränderungen unter Luftverdünnung.

Leber:

Die Leber zeigt schon nach wenigen Stunden bei Sauerstoffunterdruck einen starken Glykogenschwund. In den Läppchenzentren ist eine fein- bis grobtropfige Verfettung der Epithelien nachzuweisen. Eine intensivere Unterdruckwirkung führt zu Nekrosen der Läppchenzentren, deren Epithelien als hyaline kernlose Schollen die Zentralvene unlagern, sekundär von Leukozyten durchsetzt werden und durch nachfolgende bindegewebige Sklerosierung vernarben. Nach akutem Hohentod des Fliegers kann man eine vakuolige Veränderung der Läppchenzentren der Leber feststellen. Die Vakuolen sind frei von Fett, dagegen z.T. mit einem schwach färbbaren Eiweiß gefüllt (BÜCHNER) (8).

Herz:

Am Herzmuskel beobachtet man elektronenmikroskopisch eine Schwellung der Mitochondrien unter Erhaltenbleiben ihrer inneren Membranen und um die Mitochondrien ein hochgradiges Ödem. In den nächsten Stunden lösen sich die inneren Membranen der Mitochondrien z.T. auf und das Ödem bleibt bestehen. Im weiteren Verlauf kommt es zu Koagulationsnekrosen von Herzmuskelfasern, die Fasern werden kernlos, Leukozyten lösen die nekrotischen Bänder zu Schollen auf. In zwei bis drei Tagen tritt eine Wucherung junger Bindegewebszellen auf und aus dem Herd wird eine kleine Narbe. Bei mittlerer Unterdruckatmung sieht man am Herzmuskel in der Regel eine streifige feintropfige Verfettung der Muskelfasern als Folge der Hemmung der Fettverbrennung und zugleich einer erhöhten Anflutung von Fett (BÜCHNER) (8).

Zentralnervensystem.

Beim Menschen tritt bei Hypoxydosen makroskopisch die symmetrische Nekrose und Erweichung des Globus pallidus des Linsenkerns ganz in den Vordergrund. Daneben findet man Nekrosen der Purkinjezellen, des Ammonshorns und der Großhirnrinde (BÜCHNER) (8).

Wirkung auf die innere Sekretion.

1. Nebennierenrindenfunktion.

JUNGMANN (26) untersuchte die Nebennierenrindenfunktion mit Hilfe der Porter-Silbermethode. Nach relativ hohen Werten während der ersten Höhenwoche nahm die Porter-Silber-Chromogen-Ausscheidung im Nachtharn ab. In der dritten Woche wurden bei allen Versuchspersonen wieder hohe Werte gemessen.

SAILER und VERZAR (49, 50) untersuchten die Ausscheidung von Corticosteroiden im Harn nach der Methode von ZAFFARONI, BURTON und KENTMANN (79) mit der Papier-Chromatographie. In der Höhe von 1800 m konnte keine Änderung der Corticosteroidausscheidung gegenüber den Talwerten nachgewiesen werden.

Die Tagesausscheidung von 11-Dehydro-17-hydroxycorticosteron (Cortison) beträgt rund 25 μ g in 24 Stunden.

2. Schilddrüsenfunktion.

SAILER und VERZAR [49, 50] untersuchten an Ratten, wie schnell das radioisotop Jod¹³¹ in die Schilddrüse aufgenommen wird. Das in die Schilddrüse aufgenommene Jod¹³¹ wurde mit Hilfe des Geigerzählers gemessen. Die gemessenen Werte wurden mit Bezug auf die Abnahme der Aktivität (Halbwertszeit 8,2 Tage) berechnet. Bei den Tieren unter vermindertem Luftdruck erfolgte die Aufnahme des Jodisotops bedeutend langsamer wie bei den Kontrolltieren. Man schließt daraus, daß die Funktion der Schilddrüse bei niedrigem Sauerstoffdruck herabgesetzt ist.

Wirkung auf das vegetative Nervensystem.

Im Hochgebirge ist ein Vorherrschen des Sympathikus festzustellen, JUNGMAIER fand jedoch für die ersten Höhenstunden eine vagotone Phase.

Das Verhalten der Haut im Höhenklima.

Wirkung der niedrigen Temperatur und der Luftbewegung.

Die niedrige Temperatur und die Luftbewegungen wirken vor allem auf die wärmeregulatorischen Funktionen der Haut, besonders auf deren Muskelsystem und auf die Kapillarmuskeln. Durch die häufigen energischen Kontraktionen wird innerhalb von Wochen eine Reaktionsänderung herbeigeführt, die man zuerst beim Seeklima erkannte und dann auch beim Höhenklima beweisen konnte; die Reaktionszeit der Hautvasomotoren auf Kältereize war verkürzt. Diese beschleunigte Reaktion bedeutet eine gute Anpassung zur Herabsetzung der Hauttemperatur und damit zur Verminderung der Wärmeabgabe durch Leitung, Strahlung und Verdunstung.

Wirkung der Trockenheit der Luft.

In der Höhe ist durch die Trockenheit der Luft die Wasserabgabe der Haut nicht erhöht, wie man annehmen dürfte, vielmehr ist sie verringert gegenüber dem Tiefland, erstens durch die kalte Temperatur und zweitens durch die große Wasserabgabe bei der Atmung durch die Lungen.

Die Lufttrockenheit bewirkt aber auch anatomische Veränderungen der Haut. Sie wird trocken, spröde und rau, sie verliert ihren Turgor und es kommt zu Schrunden und Blutungen. Dasselbe gilt auch für die der Luft ausgesetzten Schleimhäute. Durch die Austrocknung der Haut nimmt man weitere Folgen. Die Austrocknung bewirkt, daß aus dem Halbleiter ein Nichtleiter wird und es würde für die elektrischen und radioaktiven Wirkungen auf die Haut Folgen haben (LOEWY) [30].

7. Die Strahlenwirkung

Jede Wirkung der Strahlen setzt ihre Absorption voraus. Es werden daher zuerst die Absorptionsverhältnisse besprochen. Kurzwellige UV-Strahlen unterhalb von 300 m μ werden durch die Hornschicht und die Epidermis fast vollständig absorbiert. Bei Strahlen über 300 m μ findet eine sprungweise Absorptionsabnahme statt und im Infrarot zwischen 900 und 1200 m μ liegt ein Durchlässigkeitsmaximum. Vom kurzwelligen UV gelangen nur wenige Prozent in das subepidermale Gewebe, vom langwelligen UV und vom sichtbaren Licht etwa 30 bis 60 %. Unter den Lichtwirkungen können wir unterscheiden zwischen den direkten, am Ort der Absorption auftretenden (z.B. Zellnekrose) und den indirekten oder Fernwirkungen (z.B. Gefäßreaktionen durch Reizstoffe, die aus dem Schädigungsherd stammen) und ferner zwischen mittelbaren und unmittelbaren durch Sensibilisatoren angeregten Wirkungen.

Die elementarste Lichtwirkung auf die Haut ist das Lichterythem, welches charakterisiert ist durch eine 1 bis 3stündige Latenz, durch einen mehrtägigen Verlauf und durch den mehr oder weniger regelmäßigen Ausgang in Pigmentierung. Diese Reaktion wird erzeugt durch kurzwelliges UV-Licht mit einem Wirkungsmaximum bei 297 und bei 250 m μ .

Histologie des Lichterythems.

1. Die primäre Wirkung der Strahlen äußert sich in einer Schädigung der **Epidermiszellen**, die innerhalb von 24 bis 48 Stunden in Erscheinung tritt und aus Schwellung, Vakuolisierung, Kernpyknose und Achromie besteht.

2. Bei schwächsten Wirkungen sind nur die obersten Zellagen des Stratum Malpighii betroffen, bei stärkeren Wirkungen reicht die Schädigung tiefer nach unten, wobei die Basalschicht häufig vollkommen intakt bleibt. Bei starken und stärksten Wirkungen wird die ganze Epidermis und unter Umständen selbst der Papillarkörper betroffen, was in einer vollkommenen Achromie aller zellulären Elemente zum Ausdruck kommt.

Bei Lichtreaktionen, bei denen die Schädigung nicht über die Epidermis hinausreicht, sind die Vorgänge in der Cutis sekundärer Natur, bedingt durch die von den geschädigten Epidermiszellen abströmenden Entzündungsstoffe, die man als H-Stoffe von Histamincharakter erkannt hat. Die Veränderungen bestehen in perivaskulären Ödemen, Leukozytenanschoppung und Leukozytenemigration. Der Schaden überschreitet eigentlich nie die subpapilläre Schicht.

Die Reparation des Schadens erfolgt außerordentlich schnell. Bei schwächeren Reaktionen kann man schon am Tage nach der Reaktion eine starke Zellproliferation feststellen, wobei man oft Mitosen neben den geschädigten Zellen antrifft. Die Folge ist eine Verdickung der Epidermis in allen Schichten, auch in der Hornschicht durch beschleunigte Hornbildung. Der Grad der Verdickung

ist der Intensität der Reaktion mehr oder weniger proportional. Durch wiederholte Bestrahlung findet man eine fortschreitende Zunahme der Hornschichtbreite. Eine Dickenzunahme von 8 bis 9 μ der Hornschicht setzt die Intensität der wirksamen Strahlen bereits auf die Hälfte herab. So bedeutet Hornschichtverdickung vermehrten Strahlenschutz. Daraus kann man eine Lichtgewöhnung erklären. Wo die Funktion der Hornbildung fehlt, wie im Auge, tritt keine Lichtgewöhnung ein. Eine weitere Folge der Lichtreaktion ist die Pigmentierung. Das Pigment absorbiert die UV-Strahlen stark, es ist also ein weiterer Schutzstoff gegen das Licht. Durch langwelliges UV über 320 $m\mu$ wird eine Pigmentierung erzeugt, welche ohne vorausgegangenes Erythem auftritt und unter der Bestrahlung sichtbar wird, also latenzlos ist. Das Maximum des Pigmenteffekts liegt bei 340 $m\mu$, die langwellige Grenze zwischen 430 und 460 $m\mu$. Bei zunehmender Dosierung steigt die Pigmentierung nur langsam an und erreicht schließlich einen Wert, der auch nach weiterer Bestrahlung nicht mehr überschritten wird.

Bei Anämisierung der Haut durch Druck während der Bestrahlung bleibt die Pigmentierung aus, was auf die Sauerstoffabhängigkeit des Phänomens hindeutet. Nun gibt es aber Fälle, die auf Bestrahlung eine kräftige Bräunung zeigen, andere zeigen Bräunung und Rötung und der Pigmenteffekt fehlte.

Die histologische Untersuchung dieser drei Gruppen zeigt:

1. Bei ausschließlicher Bräunung sind die morphologischen Verhältnisse vollständig normal. Die einzige Veränderung besteht in einer Verstärkung des normalen Pigmentbildes.
2. Bei den Fällen mit Rötung ist die Epidermis normal. Es finden sich ausgesprochene Symptome vaskulärer und perivaskulärer Schädigung in der Cutis, Gefäßerweiterung, perivaskuläre Ödeme, Verquellung der Endothelien und Leukozytenanschoppung. Die Rötung ist soweit nur ein Ausdruck der Gefäßläsion. Langwelliges UV hat somit eine elektiv gefäßschädigende Wirkung. Warum dieser Schaden eintritt ist noch nicht geklärt. Für den Bräunungsvorgang hat man schon eine Lösung. Man fand den Weg über zwei Pigmentphänomene. Man entdeckte eine Dunkelung pigmentierter Hautstücke durch Erwärmung auf 56° in der feuchten Kammer und die Dunkelung pigmentierter Hautstücke durch Bestrahlung mit der Quarzlampe. Die Dunkelung ist aber nicht nur durch kurzwelliges sondern auch durch langwelliges UV zu erreichen. Diese Phänomene sind aber sauerstoffabhängig. Untersuchungen haben gezeigt, daß Melanin in einer hellen sauerstoffarmen, silberpositiven und in einer dunklen, sauerstoffreichen, silbernegativen Form existiert, zwischen denen eine beschränkte Reversibilität besteht. Das Melanin erinnert somit an einen Redoxkörper. Die Bräunung beruht demnach nicht auf einer echten Pigmentneubildung, sondern auf einer bloßen Umwandlung durch oxydative Überführung der hellen

sauerstoffarmen in die dunkle sauerstoffreiche Stufe, wobei als Sauerstoffmobilisatoren sowohl das langwellige UV als auch Wärme in Betracht kommen (MIESCHER) (34).

Die physiologische Wirkung der Lichtstrahlung.

Wenn die direkte Wirkung der UVB-Strahlen auch nur bis zur Keimschicht reicht, so können die hier entstehenden chemischen Stoffe auf weite Teile des Körpers einwirken, so z.B. das in der Haut aus Histidin entstehende Histamin und anderer H-Stoffe. Weiterhin werden durch Bestrahlung kleinste, aber doch wirksame Mengen von Cholin- und Acetylcholin körnern produziert. Acetylcholin wirkt noch in Mengen von $1:10^{16}$ auf die Muskeln der Froschlunge.

Nach der Sulfhydryltheorie von P. WELS, die heute als die wichtigste zur Klärung der Wirkungen des UV-Lichtes gilt, wird bei Bestrahlung mit UV im Blut und auch in der Epidermis die reduzierende Wirkung durch Vermehrung freier Sulfhydrylgruppen verstärkt. SH-Gruppen sind Aktivatoren vieler Enzyme und Abwehrfermente, wodurch wichtige Abwehrvorgänge des Organismus begünstigt werden. Auch eine Aktivierung wichtiger Hormonwirkungen wird durch die Lichteinwirkung angenommen. WELS weist darauf hin, daß der Hauptsitz des Pigments die Basalzellenlagen der Keimschicht sind, in der sich reichlich Sulfhydrylgruppen finden. Hier bestehen enge Beziehungen zu der Esophylaxiethorie von E. HOFFMANN, die besagt, daß die Haut nicht nur eine nach außen gerichtete Schutz-aufgabe hat, sondern auch nach innen gerichtete, stoffwechselregulierende Schutzfunktionen entwickelt, so die Bildung wichtiger Hormone und immunbiologischer Abwehrstoffe gegen Infekte u.s.w., die durch Hautbürsten, äußere Reize, Massagen, Lichteinflüsse angeregt werden. Nach PFLEIDERER ist der Sitz dieser Funktionen die Keimschicht und besonders die Lederhaut, Schichten der Haut, die besonders von langwelliger Strahlung erreicht werden. Kältezufuhr (Seeklima) bei gleichzeitiger Bestrahlung soll die Esophylaxie verstärken. Dem UV-Licht kommt eine beträchtliche bakterizide Wirkung zu. Die Luftentkeimung durch UV-Strahlen führt nicht nur zur Selbstreinigung der Flüsse, sondern wird heute auch in der Technik angewandt.

Die cancerogene Wirkung des UV-Lichtes (Maximum nach FRIEDRICH bei 297 m μ) beruht auf proliferativen und regenerativen Prozessen nach starker Erythem-bildung, die nach Tierversuchen zur Krebsbildung führen können. Kranke mit Xeroderma pigmentosum sind immer gefährdet. Beim Gesunden müssen in unseren Breiten außer gewöhnliche Umstände zusammentreffen z.B. Lupus, Behandlung der Haut mit Teerpräparaten, Röntgen und UV-Licht.

Die Reaktionen unter der direkten Bestrahlung sind zu trennen von den Spatreaktionen. Der Grundumsatz steigt z.B. unmittelbar nach UV-Bestrahlung im Erythemstadium, während nach wiederholter Bestrahlung eine Grundumsatzsenkung mit Vagotonie auftritt. Bei Kombination von UV- und IR-Bestrahlung kommt es zu einer Blutdrucksenkung und Steigerung des Minutenvolumens (VOGT).

AMELUNG) (67).

Die Veränderung des Säuremantels durch das UV-Lichterythem.

Nach UV-Bestrahlung verändert sich die vorher saure Hautoberfläche und zeigt anschließend eine deutlich alkalische Reaktion. Diese Veränderung ist am nächsten Tage bereits wieder zurückgebildet, jedoch war der Säureschutz der Haut durch die UV-Lichtwirkung für einige Zeit durchbrochen.

Die Veränderung der Wasserstoffionenkonzentration der Hautoberfläche durch das UV-Lichterythem (pH-Werte)

Name d. Probanden		U. M.	M. B.	H. S.	H. D.	J. K.
Wasser- stoff- ionen- konz. der Haut- ober- fl.	vor d. Be- strahlung	5,24	4,98	5,07	5,46	5,29
	auf d. Höhe- punkt d. Ery- thems	7,28	7,41	7,08	7,66	7,16
	1 Tag nach d. Bestrahlung	5,35	5,20	5,41	5,58	5,38

Tab. 2 aus MARCHIONINI und TOR

Die Wasserstoffzahl wurde mit der Chinhydron-Epicutanelektrode in der Gaskettenapparatur mittels der von MARCHIONINI ausgearbeiteten Methode bestimmt.

Veränderungen einer weiteren physikalisch-chemisch nachweisbaren Lebens-
äußerung der Haut durch das UV-Lichterythem.

Die einzelnen Stellen im Säuremantel der Haut sind nicht gleichmäßig sauer, auch ihr pH-Wert ändert sich dauernd. Werden diese pH-Werte kurvenmäßig dargestellt, so entsteht das Bild einer Pendelbewegung. Dieses Phänomen führen MARCHIONINI und TOR auf den ständigen Wechsel von Säureproduktions- und -resorptionsphasen zurück, wobei die Produktion durch die Sekretionstätigkeit der Schweißdrüsen, die Resorption auf dem Wege der Pufferung dieser Säuren durch die Keratinkolloide der Hornschicht erfolgt. Wendet man dieses Phänomen nach einer UV-Dermatitis an, so schwingt das Pendel träger als vorher und näher in der Gegend des Neutralpunktes. Diese Erscheinungen führt man darauf zurück, daß das Erythem zu einem Aufsteigen alkalischer Gewebslymphe in die höher gelegenen Epidermisschichten veranlaßt. Dadurch wird der Säuregrad der obersten Keratinlagen vermindert und auch die Säure der

Schweißdrüsen wird rascher gepuffert als unter normalen Bedingungen. Dies zeigt, daß durch starke UV-Lichteinflüsse die Haut des Säureschutzes entbehrt.

Weitere Veränderungen der Hautoberfläche im Hautdialysat durch das UV-Lichterythem:

Man fand eine Calciumvermehrung auf der Haut, die von der Auflockerung der Zellmembranen in der Hautoberfläche durch die Lichtentzündung herrührt. Durch diese Auflockerung des Zellgefüges haben die Bakterien auch eine leichtere Angriffsmöglichkeit.

Die Veränderung des Calciumgehaltes im Hautdialysat durch das UV-Lichterythem (in mg %)

Name d. Probanden		H.S.	M.B.	H.D.	J.K.	M.W.	K.Th.
Calcium- gehalt	vor d. Be- strahlung	0,01	0,08	0,05	0,08	0,08	0,01
	auf d. Höhe- punkt d. Erythems	0,14	0,03	0,09	0,13	0,17	0,08

Tab. 3

Der Calciumgehalt im Hautdialysat wurde nephelometrisch nach KLEINMANN bestimmt.

Die Veränderung des Katalasegehaltes im Hautdialysat durch das UV-Lichterythem.

Name d. Probanden		H.S.	M.B.	H.D.	J.K.	M.W.
	vor d. Be- strahlung	0,08	0,09	0,12	0,15	0,05
	auf d. Höhe- punkt d. Erythems	0,17	0,12	0,23	0,05	0,15

Tab. 4

Die Bestimmung des Katalasegehaltes erfolgte nach SEGALL und HAENDEL.

Nach einem UV-Lichterythem steigt der Katalasegehalt der Haut an. Daraus wird auf eine Zunahme der Reduktions- und Oxydationsprozesse in der Hautoberfläche geschlossen, ebenso wie auf eine Membranauflockerung in diesen Hautpartien (MARCHIONINI, TOR) [32].

Die Beeinflussung der Talgsekretion beim Höhengaufenthalt.

Die Talgdrüsensekretion wurde gemessen nach MIESCHER und SCHÖNBERG [35].

Bei der Talgdrüsensekretion ist zu beachten, daß sie nicht dauernd erfolgt, sondern nur solange, bis eine gewisse Talgschicht auf der Haut vorhanden ist. Diese Talgschicht ist individuell verschieden. So hat man bei quantitativen Untersuchungen der Talgsekretion zwei Größen zu berücksichtigen:

1. die normalerweise vorhandene Talgschicht, das Talgniveau,
2. die Produktionsfähigkeit der Drüsen.

Die Produktionsfähigkeit der Talgdrüsen ist nur von der Drüsengröße und der Regenerationsfähigkeit der Drüsenzellen abhängig.

Das Talgniveau hängt von physikalischen Faktoren ab: von der Konsistenz des Talges, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft u. s. w. Die Produktionsfähigkeit der Talgdrüsen wird beim Höhengaufenthalt im allgemeinen erhöht, von 51 mg auf 59 mg an der Stirn. Das Talgniveau wird in der Höhe gesenkt, durchschnittlich um 49 %.

Qualitativ wurde beim Talg in der Höhe eine starke Zunahme des Cholesteringehaltes gefunden, bis zum 10fachen Ausgangswert (SCHÖNBERG) [54].

Die Jodzahl des Talges.

Die Jodzahl des Talges wurde nach der Methode von ZEHENDER und SCHÖNBERG bestimmt [35, 54].

Die Jodzahl ist ein Maß für ungesättigte Bindungen z. B. wieviel Gramm Jod von 100 g eines Fettes aufgenommen werden. Im Talg kommen dafür einfach oder mehrfach ungesättigte Fettsäuren in Betracht. Die Jodzahl gibt aber nur über die Summe der Doppelbindungen Auskunft, nicht aber über die einzelnen Bestandteile. Die Jodzahl, d. h. die ungesättigten Fettsäuren steht mit der Viskosität des Fettes in enger Beziehung und wiederum ist die Sekretion des Talges von seiner Konsistenz abhängig. Für die Sekretion ist auch die herrschende Temperatur maßgeblich.

In der Ebene fand man für die Jodzahl des Talges einen Mittelwert von 67 bis 83. Beim Übergang zur Höhe änderte sich die Jodzahl nicht.

Der Einfluß des Luftsauerstoffs und des Lichtes: Bei Talg, der sehr lange an der Luft aufbewahrt wurde, fand man eine kleinere Jodzahl. Bei Belichtung des Talges mit Sonnenlicht fand man keinen Unterschied.

Die Rhodanzahl.

Die Rhodanzahl des Talges wurde mit der Methode von KAUFMANN [27] bestimmt.

Neben der Jodzahl wurde auch die Rhodanzahl bestimmt. Die Rhodanzahl fiel gegenüber der Jodzahl um etwa 5 - 10 % tiefer aus. Das weist auf das Vorliegen eines kleinen Anteils von mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Hauttalg hin.

Die Säurezahl des Talges.

Die Säurezahl ist für die Zusammensetzung des Talges von Interesse. Sie ist ein Maß für den Gehalt an freien Fettsäuren. Sie gibt an, wieviel Kalilauge pro 1 g eines Fettes bei der Titration verbraucht wird. Man hat die Säurezahl des Talges in der Höhe untersucht und keine Änderung gegenüber den Tieflandwerten gefunden (ZEHENDER und SCHÖNBERG) [89].

IV. Klimatherapie

Wichtige meteorologische Merkmale des Hochgebirgsklimas.

1. Mäßiger Tagesgang der Wetterelemente.
2. Niedrigere Temperaturen, Abnahme $0,4 - 0,7^{\circ}\text{C}$ pro 100 m, im Winter geringer.
3. Geringerer O_2 -Partialdruck.
in 1000 m = 141 mm = 18,5 %
in 1500 m = 133 mm = 17,6 %
in 2000 m = 125 mm = 16,5 %
in 3000 m = 110 mm = 14,5 %
4. Größere Trockenheit, Dampfdruckabnahme in 2000 m etwa die Hälfte, in 3000 m etwa ein Viertel gg. NN.
5. Auf Bergkuppen größere Windgeschwindigkeit bei advektivem Wetter.
6. Geringere Windgeschwindigkeit in geschützten Hochtälern.
7. Entsprechend größere Abkühlungsgröße auf Bergkuppen, geringere in geschützten Hochtälern.
8. Geringerer Leitungswärmeübergang in der weniger dichten Höhenluft, in 2000 m etwa 10 %. Ausgleich gegenüber der höheren Abstrahlung und der niedrigeren Lufttemperatur.
9. Erhöhte Sonnen- und Himmelsstrahlung, Zunahme der Globalstrahlung etwa 1 - 2 % pro 100 m in den unteren 1000 m, im Winter zeitweise mehr. Zunahme der globalen UV-Strahlung etwa 15 % pro 1000 m, in tropischen Bergen etwas mehr.
10. Erhöhter Ozon- und Stickoxydgehalt.
11. Größere Reinheit der Luft, frei von Allergenen.
12. Meist geringerer pH-Wert.
13. Höhere elektrische Leitfähigkeit durch eine große Zahl von kleinen Ionen.
14. Starke Potentialschwankungen bei Gewittern (DAUBERT, AICHINGER) [13].

Die Klimatherapie ist vor allem eine physikalische Therapie, wenn wir von den chemischen Wirkungen der Luftbeimengungen absehen.

Die klimatherapeutischen Einwirkungen erstrecken sich oft über viele Stunden, oft über den ganzen Tag. Das wäre bei einer rein physikalischen Therapie viel zu kostspielig. Die natürlichen Kräfte stehen zwar kostenlos zur Verfügung, jedoch setzt eine rationelle, dosierte ärztliche Anwendung gewisse Einrichtungen voraus, die u. U. ebenfalls kostspielig sind.

Die Klimabehandlung umfaßt auch immer eine Kombination von wirksamen Faktoren. So hat man eine Heliotherapie in einer günstigen Luft mit thermisch günstigem Milieu, im Gegensatz zum oft ungünstigen Raumklima.

Die Vielzahl klimatischer Faktoren erschwert jedoch eine Kenntnis dessen, was eigentlich auf den Patienten einwirkt und damit wird auch das Dosierungsproblem sehr schwierig.

Möglichkeiten der Dosierung:

1. Wahl der Tageszeit der Exposition. In den Mittagsstunden ist die Kreislaufbelastung größer, in den frühen Vormittags- oder späten Nachmittagsstunden ist die Stoffwechselanregung und die tonisierende Wirkung stärker.
2. Wahl des Expositionsortes.
3. Wahl der Expositionsdauer.

Beschränkung der zu berücksichtigenden Faktoren.

Man hatte gefordert, alle klimatischen Faktoren bei der Dosierung zu berücksichtigen, deren biologische Wirksamkeit bekannt ist. Das würde jedoch zu einem nicht tragbaren technischen und personellen Aufwand führen. Aus diesen Gründen ist es notwendig, nur diejenigen klimatischen Faktoren zu berücksichtigen, die bei Überdosierung Schaden stiften können. Dabei handelt es sich um die thermischen Faktoren (Wärmehaushalt), um die erythemerzeugenden Spektralbereiche und z. T. die hygrischen Verhältnisse (PFLEIDERER) (43).

Die bioklimatischen Reizfaktoren und ihr Einfluß auf den Organismus.

1. Strahlungskomplex, photoaktinischer Komplex.

Die Sonnenstrahlen werden geschwächt bis zur Erde durch Absorption im Ozon und Wasserstoff, dann durch die Streuung an den Luftmolekülen und vor allem durch die Streuung an den kolloidalen Beimengungen, die sich ständig in der Atmosphäre befinden. Dieses gestreute Sonnenlicht wird z. T. in den Weltraum zurückgestrahlt, z. T. aber kommt es als sogenannte Himmelsstrahlung wieder zu uns zurück. Die direkte Sonnenstrahlung und die Himmelsstrahlung ergeben zusammen die Globalstrahlung. Man kann eine Zunahme der Globalstrahlung von 10 - 20 % pro 1000 m Höhenzunahme annehmen. Die UV-Strahlung nimmt etwa um 15 % pro 1000 m zu (DAUBERT, AICHINGER). Bei einer Klimakur ist vor allem die Erythembildung auszuschalten. Die Aufgabe der Helio-Klimatherapie ist demnach die Sonnenbehandlung so zu dosieren, daß zwar Erytheme vermieden werden, die unterschwellige Dosis jedoch voll ausgenutzt wird, um die Haut mittels photochemischer Wirkungen in einen Zustand höchster Funktionstüchtigkeit zu bringen.

Die wichtigsten physiologischen Wirkungen der Strahlung:

a. von 280 - 315 m μ

1. Erythema solare; a. Zellkernzerstörung (Schädigung der Thymonukleinsäure) Max. bei 260 m μ

- b. Histaminausschüttung ins Blut (Reiztherapie)
- c. Entzündungserscheinungen, Gefäßerweiterung (Hyperämie)

2. Nach 3 - 4 Tagen Verdickung der Epidermis und sekundäre Pigmentierung in den Dendritenzellen.

3. Vitamin D-Bildung (insbesondere D₃, bei Max. 290 m μ)

b. von 315 - 400 m μ

- 1. Sofortpigmentierung (Oxydation von Promelaninen)
- 2. Reduzierende Vorgänge in der Keimschicht, insbesondere der Sulfhydrylkörper, Aktivierung der hauteigenen Fermente und Vitamine.

c. sichtbares Licht (400 - 780 m μ)

- 1. Kohlensäureassimilation (Glukosebildung).
- 2. Bildung von Fermenten und Abwehrstoffen.
- 3. Aktivierung von Hypophysenhormonen.
- 4. Erwärmung.

d. von 780 - 1500 m μ und von 1500 - 3000 m μ

- 1. Vorwiegend Erwärmung (Hyperämie, Wärmeerythem).
- 2. Geringe photochemische Wirkung wahrscheinlich.
- 3. Erythemverringemd.

2. Chemischer Komplex.

Der chemische Komplex wird unterteilt in:

- a. das reine Gasgemisch bestehend aus N₂, O₂, Ar, CO₂ und
- b. das aerokolloidale System (Aerosol) (FLACH) [15].

Die spezifische Wirkung des Höhenklimas besteht vor allem in einer Steigerung der Hämatopoese. Der niedrige O₂-Partialdruck erzeugt nach Untersuchungen von v. MURALT bereits in relativ niedrigen Höhen eine größere Empfindlichkeit aller nervösen Reaktionen, die dadurch vermehrt aus dem venösen Blut ausgeraucht wird.

CAUER spricht von dem pH-Wert des sogenannten potentiellen Aerosols. In der reinen Luft des Hochgebirges werden im allgemeinen die niedrigsten pH-Werte gemessen. Da auch die Niederschläge, Schnee und Reif im Hochgebirge im sauren Gebiet liegen, liegt das ganze Aerosolmilieu dort im sauren Milieu. Das saure Milieu der Haut ist ein Schutz gegen das Eindringen pathogener Keime, besonders Eitererreger.

Aerosol ist die Gesamtbezeichnung für feinste Schwebeteilchen in der Luft, bestehend aus Staub, Pollen, Viren und Produkten von Industrieabgasen, Heizungen, Kraftwagen, Eisenbahnen u.s.w.

Diese Teilchen dispergieren überwiegend in Stickstoff oder Sauerstoff.

3. Der physikalisch-mechanische Komplex.

Eine bioklimatische Bedeutung hat der Wind durch seine abkühlende und austrocknende Wirkung. Während bei Windstille und Kälte infolge der Konstitution der Hautgefäße die Haut blaß aussieht, wird die Haut trotz der kühlenden Wirkung in windiger Luft gerötet, was auf eine starke Durchblutung schließen läßt. Die bei auftretenden Windgeschwindigkeiten einsetzende Kalteurtikaria läßt sich durch die abkühlende Wirkung des Windes erklären.

4. Der luftelektrische Komplex.

Der Mensch hat keine speziellen Sinnesorgane für die normalen Schwankungen der luftelektrischen Faktoren. Die Atmosphäre kann man als einen Kugelkondensator auffassen, wobei die Erde mit ihrer negativen Ladung als eine Schicht angesehen wird und die Ionosphäre ist ihr Gegenbelag. Die Leitfähigkeit beträgt etwa $2,5 \cdot 10^{-16} \text{ Ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Die elektrischen Ströme sind zu gering als daß sie eine deutliche Wirkung auf den Menschen ausüben können, allerdings stellte man in neuerer Zeit gewisse Wirkungen fest, so z.B. auf die Eindringtiefe der Kerne und auf das vegetative Nervensystem.

5. Thermischer und hygrischer Komplex.

Der thermische Komplex der atmosphärischen Luft besteht aus: Wind, Temperatur, Wasserdampfgehalt und Wärme von Sonne und Himmel (FLACH) (15).

Die Wärmeabgabe pro Flächeneinheit der Körperoberfläche ist eine Summe von Teilströmen:

1. Abstrahlung
2. Leitung und Konvektion
3. Verdunstung
4. Ein- und Ausatmung.

Im Hochgebirge ist die Wärmeabgabe groß.

6. Meteorotroper Komplex.

Er umfaßt die Wirkungen des Wetters unter Berücksichtigung der lokalen und regionalen Gegebenheiten.

Der Organismus reagiert darauf mit Wetterfähigkeit (meteorotrope Reaktion) und mit Krankheitserscheinungen (meteorotrope Erkrankungen).

Untersuchungen der meteorotropen Abläufe nach Empirie und Beobachtung.

Man unterscheidet zwei Wetterphasen:

a. Zyklone (Tiefdruckgebiet).

Es herrscht uneinheitliche Bewölkung und wechselnde Niederschlagstatigkeit. Das Zentrum der Zyklone bildet die Hauptwirkungsphase, es ist das sog. "Störungswetter".

b. Antizyklone (Hochdruckgebiet), mit Wolkenarmut und Niederschlagslosigkeit.

Dieses Wetter zeigt gewöhnlich eine indifferente Wirkungsphase.

Neben diesen zwei Wetterphasen gibt es die Wetterumschlagphasen:

- der "zyklonale" Wetterumschlag ist der Übergang
der Antizyklone zur Zyklone,
- der "antizyklonale" Wetterumschlag ist der Übergang
der Zyklone zur Antizyklone.

Die biotropen Faktoren.

Es sind Faktoren des Klimas und des Wetters, eventuell auch Einflüsse außerhalb der Biosphäre, die meteorologische Krankheitserscheinungen verursachen können.

I. Tellurische Faktoren.

1. Faktoren allgemeiner und lokaler Bedeutung.

- a. Einzelelemente aus dem Bereich des thermischen Wirkungskomplexes.
 - Lufttemperatur (Trocken- bzw. Feuchttemperatur)
 - Luftfeuchtigkeit (absolute und relative Feuchte)
 - Luftdruck (einschließlich der kurzperiodischen Luftdruckschwankungen)
 - Bewölkung
 - Sonnenscheindauer
 - Windrichtung und -stärke
- b. Einzelelemente aus dem Bereich des luftchemischen Wirkungskomplexes.
 - Spurenstoffe (Ozon, Stickoxyde, Wasserstoffperoxyd)
 - Emanationsgehalt der Luft
 - Staub- und Kerngehalt der Luft
 - Dunstgehalt der Luft (Sicht)
 - Ionengehalt der Luft
 - Sauerstoffgehalt der Luft
- c. Lufterlektrische Elemente
 - Potentialgefälle
 - Leitfähigkeit
 - Vertikaler Leitungsstrom
 - Radioaktivität des Erdbodens
 - Hochfrequenzstrahlung bestimmter Arten von Impulsen (von Fronten, Gewittern und Labilitätszonen ausgehend)
- d. Komplexelemente meteorologischer und bioklimatischer Natur.
 - Gewitter- und Schauer-Erscheinungen
 - Gebirgsföhne
 - Abkühlungsgröße
 - Äquivalenttemperatur
 - Schwüle
 - Naßkälte

2. Großräumige Faktoren des meteorologischen Milieus.

a. allgemeiner Natur

Boden- und Höhendruckverteilung über größeren Landschaftsräumen
 Hoch- und Tiefdruckgebiete (Bodendruckfeld) zur Charakterisierung
 kürzer oder länger dauernder Wetter- bzw. Witterungsphasen
 Störungswetter (Depressionscharakter)
 Atmosphärische Aktivität
 Zonale und meridionale Luftzirkulationen
 Atmosphärische Stabilität und Labilität
 Sturmweatherlagen

b. spezielle dynamische Erscheinungen des Wetterablaufs

Luftmassen
 Fronten
 Absteigende Luftströme (Absinken, Abgleiten)
 Aufsteigende Luftströme (Aufgleiten)
 Vorder- und Rückseitenlabilität

II. Solare Faktoren

Optische Strahlungen aller Spektralbereiche (Wärme-, UV- und Infrarotstrahlung)
 Hochfrequenzstrahlung (Sonne), insbesondere bei Ausbrüchen intensiver Wellen-
 strahlung auf der Sonne
 Sonnenflecken

Invasion solarer Korpuskeln in die Atmosphäre (festzustellen an den Änderungen
 des erdmagnetischen Feldes, an dem Auftreten von Polarlichtern und an Erschei-
 nungen in der Ionosphäre)

III. Kosmische Faktoren

Durchdringende Höhenstrahlung
 Sekundärprozesse in der Atmosphäre, die durch die Höhenstrahlung ausgelöst
 werden.

Zusammenstellung von BERG [4], ergänzt von FLACH [15].

Die Bedeutung der Hauttemperatur für die Wärmeregulation.

Die Hauttemperatur und die relative Feuchte der Haut sind Ausgleichsgrößen, die
 sich so einstellen, daß der Wärmefluß vom Körperkern zur Körperschale und von
 der Haut nach außen gleich ist. Jedes Hautareal hat seinen eigenen Wärmehaus-
 halt. Für die physiologischen Untersuchungen benutzt man häufig die sogenannte
 integrale Hauttemperatur.

Man stellte fest, daß bei Lufttemperaturen von größer als 32° und steigender
 Windgeschwindigkeit keine Abkühlung der Hauttemperatur mehr stattfindet. Bei
 der Klimatherapie werden häufig Hauttemperaturmessungen als Test für die Kli-
 mawirkung herangezogen. So konnte man durch Hautmessungen die Wirkungen

auf die Wärmeregulationen bei verschiedenen Konstitutionen im Laufe einer Klimakur nachweisen (DAUBERT, AICHINGER) (13).

Die physiologische und therapeutische Bedeutung des thermischen Komplexes.
Jede Änderung der äußeren thermischen Bedingungen bewirkt eine Umstellung im wärmeregulatorischen System. Diese Umstellung wird zunächst reflektorisch von der Haut aus ausgelöst, wobei die Hauttemperatur für die Stärke der von den Thermorezeptoren der Haut ausgesandten Impulse maßgebend ist. Jede Änderung der Hauttemperatur setzt somit eine Umstellung der zentral-nerval gesteuerten Mechanismen der Wärmeregulation in Gang. Verantwortlich sind vor allem das neurovegetative und das endokrine System, die sowohl die Stoffwechselvorgänge wie auch Kreislauf, periphere Strombahn und Schweißdrüsen steuern. Wir haben so die Möglichkeit, mittels der thermischen Umweltbedingungen diese Systeme tiefgreifend zu beeinflussen. Bei wiederholter Anwendung solcher thermischer Therapie tritt Gewöhnung ein. Will man das endokrine System aktivieren, so muß man die Intensität des thermischen Eingriffs steigern, es wird eine progressive Dosierung angewandt. Eine weitere Möglichkeit, der Gewöhnung entgegenzugehen, ist eine Einschaltung entgegengesetzter thermischer Bedingungen, also einer Wärmeperiode während einer Abhärtungskur und umgekehrt.

Abkühlungsmaßnahmen bewirken vor allem eine periphere Vasokonstriktion und eine Einschränkung der Schweißdrüsenaktivität. Beim Nichtabgehärteten tritt die Schweißdrüsenaktivität nicht ein, dafür ist der Stoffwechsel stark gesteigert (chemische Wärmeregulation).

Ziel der Abhärtungsmaßnahmen.

1. Aktivierung des Hypophysen-Adrenalsystems.

Durch SELYE ist bekannt, daß massive thermische Stressung ein allgemeines Adaptationssyndrom hervorrufen kann, das zu einer zeitweiligen Erschöpfung der NNR führt. Durch thermische Einflüsse geringerer Intensität kann man eine Kräftigung der Adrenalfunktion erreichen, für entzündliche Erkrankungen (TBC, Rheuma, Allergosen) von Bedeutung.

2. Verminderung der neurovegetativen Überregbarkeit.

3. Die Abhärtung führt im allgemeinen nicht zur Herabsetzung der Hauttemperatur. Manches spricht aber dafür, daß die Bildung von Abwehrkörpern, für die die Haut das wichtigste Organ ist, bei niedriger Hauttemperatur begünstigt ist.

4. Günstige Wirkungen auf den Respirationstrakt, durch gleichsinnige Reaktion des Gefäßsystems bei chronisch entzündlichen Affektionen.

Die physiologische und therapeutische Bedeutung des hygrischen Komplexes.

Es ist streng zwischen der relativen Feuchte (r) und der absoluten Feuchte (f) bzw. dem Dampfdruck (e) zu unterscheiden.

Dampfdruck bedeutet den Partialdruck des Wasserdampfes in mm Hg; für jede Lufttemperatur gibt es einen nicht überschreibbaren Sättigungsdruck (E), das ist zugleich jener Dampfdruck, der an der Oberfläche reinen Wassers entsprechender Temperatur herrscht.

Die relative Luftfeuchte ist durch das Verhältnis des vorhandenen Dampfdruckes zu dem bei der gegebenen Lufttemperatur maximal möglichen Sättigungsdruck bestimmt:

$$r = \frac{e}{E}$$

Für die Verdunstung ist der Dampfdruck maßgebend. Herrscht an der menschlichen Haut der Oberflächendampfdruck e_H , so ist die Verdunstung proportional der Dampfdruckdifferenz. Für die physiologische Wirkung ist somit der Dampfdruck viel wichtiger als die relative Feuchte. Im Hochgebirge ist der Dampfdruck in 2000 m Höhe nur etwa halb so groß wie im Tiefland.

Das Problem der Schwüle.

Schwüle belastet den Organismus sehr, besonders den Kreislauf. Man hat einen Dampfdruck von 14 mm als Schwülegrenze angenommen. Dabei ist die thermische Komponente nicht berücksichtigt. Man führte die Äquivalenttemperatur $A = t + 2e$ ein. Für die Schwülegrenze wird $A = 56$ angegeben. Dieser Wert entspricht einer Feuchtetemperatur $t = 20,30$. Diese Grenze sollte an klimatischen Kurorten nicht überschritten werden.

Maßnahmen bei Schwüle.

Künstliche Ventilation und wiederholte Kaltwaschungen ohne Abtrocknung. Oft kann eine thermische Belastung dem profusen Schweißausbruch zum Ausbruch verhelfen (PFLEIDERER) 43.

Klimakuren.

Eine Klimakur im Hochgebirge bewirkt eine Zunahme der Erythrozyten, des Hämoglobins und eine Zunahme der Atemtiefe. Bei längeren Aufenthalt kommt es zur Kraftigung des Herzmuskels, Umstellung des Kreislaufs, Bräunung der Haut, Einflüssen auf den gesamten Stoffwechsel und das Nervensystem.

Das Klima im Hochgebirge ist vor allem ein starker Reiz. Die Umstellung auf das Hochgebirgsklima wird von jüngeren Personen gut verarbeitet, jedoch bei älteren Personen stößt es manchmal auf Schwierigkeiten, so führt es z.B. zu Kreislaufstörungen und nervösen Störungen. Es ist empfehlenswert, den Höhenunterschied nicht auf einmal zu überwinden, sondern eine Zwischenstation zu

600 - 800 m Höhe einzuschieben, bei der Hin- und Rückfahrt.

Durch die Senkung des Stoffwechsels haben auch schwer Basedowkranke eine Besserung erfahren.

Die Anregung des Kreislaufs kann Herzkranken zugutekommen als Training. Kranzadererkrankungen sind dazu nicht geeignet. Leichte Katarrhe der Luftwege kommen in der reinen Luft schnell zur Heilung. Das Hochgebirge ist Zuflucht der Asthmakranken, vor allem für Kinder und solche Erwachsene, die Bronchitis und Emphysem (= sekundäre Erscheinungen) noch nicht zeigen. Rheumatiker können an strahlungsreichen, trockenen Hanglagen eine Besserung erfahren. Das Klimakterium verträgt das Hochgebirge schlecht.

Höhere Lagen eignen sich für Heufieberkranke (Fehlen der Pollenallergene). Kontraindiziert für Hochgebirgskuren sind empfindliche Katarrhkranken, exsudative Tuberkulose, reizempfindliche Rheumatiker, Nervöse mit hoher Labilität, Klimakterische. Einfache Erholungskuren sollten 3 - 4 Wochen dauern, Kuren bei Asthma und Tuberkulose 3 - 4 Monate und länger (VOGT, AME-LUNG) [67].

Die Kuren im Mittelgebirge sind prinzipiell nicht anderer Art als im Hochgebirge. Sie vollziehen sich oft sanfter, erreichen mit der Zeit jedoch beträchtliche Ausmaße.

V. Die Behandlung einzelner Krankheitszustände.

Blutkrankheiten.

Eine der ältesten Indikationen für das Hochgebirgsklima sind die hypochromen und sekundären Anämien. Vor allem ist es der Reiz des erniedrigten Sauerstoffpartialdruckes, der zur therapeutisch erwünschten reaktiven Erythropoese führt. Doch auch an der Nordsee wurde eine Besserung erzielt, und so sieht man hauptsächlich in der klimabedingten Umstellung der vegetativen Zentren die Ursache für den therapeutischen Erfolg. Auch die UV-Strahlung wird als Reiz angeführt.

Bei Erkrankungen im weißen Blutbild ist keine Besserung im Höhenklima zu erwarten.

Herzkrankheiten.

Vitien und Schädigung des Arbeitsmyokards.

Der Nutzen oder Schaden bei Herzkranken hängt von der Belastbarkeit des Herzens ab. Während dekompensierte Klappenfehler, myogene Dekompensation bei Hypertonie, rezidivierende Endo- und Myokarditis sowie konstriktive Perikarditis wegen der Schonungsbedürftigkeit zur absoluten Gegenindikation zählen, ist für Kranke ohne Zeichen einer Dekompensation ein gewisser Wandel eingetreten. Man will durch Normalisierung der Kreislauffunktion das Herz entlasten. Relativ gefährdet scheinen jedoch in jedem Fall Mitralstenosen zu sein.

Coronare Durchblutungsstörungen.

Die Anpassungsvorgänge können sich über eine Besserung der gesamten Kreislauffunktion günstig für die Herzmuskeldurchblutung auswirken unter der Voraussetzung, daß die einzelnen Phasen der Akklimatisation gefahrlos durchlaufen werden. Immer wieder wird von erfahrenen Klinikern über stenokardische Anfälle und sogar Infarkte, besonders Reinfarkte während der Anpassung an das Hochgebirgsklima berichtet.

Herzrythmusstörungen.

Die Disposition zu Störungen der Reizbildung und Erregungsleitung des Herzens in einzelnen Phasen der Hochgebirgsanpassung, die sich meist in harmlosen supraventrikulären Extrasystolen oder einem passageren AV-Rythmus äußert, mahnt zur Vorsicht bei Kranken mit ernsteren Rythmusstörungen.

Kreislaufstörungen.

Essentielle Hypertonie und hypertone Kreislaufregulationsstörungen.

Es wurde ein günstiger Einfluß beobachtet. Vor allem sind es diejenigen Formen, die sich durch Neigung zu Gefäßkrämpfen durch einen erhöhten elastischen Widerstand und durch Tachykardien auszeichnen, die im Verlaufe der Klimaangepassung ihre Symptomatik verlieren.

Hypotone Kreislaufregulationsstörungen.

Das Fehlen der Schwüle darf als positiver Faktor gewertet werden. Im Hochgebirge waren die Erfahrungen nicht so günstig wie an der Nordsee.

Kreislaufstörungen und vegetative Störungen ohne objektivierbaren Befund. Günstig wirkt sich wahrscheinlich die Unterbrechung psychischer Belastungen durch die Verschickung aus. Sämtliche Patienten sprachen gut auf die Klimakur an.

Arteriosklerose.

Aus dem Hochgebirge liegen weder eindeutig positive noch begründete negative Erfahrungen vor.

Endokrine Erkrankungen.

Schilddrüsenüberfunktion.

Im Hochgebirge wird von vielen Autoren eine spezifische Beeinflussung der Schilddrüse durch die Jodarmut der Luft beschrieben. Im Hochgebirge kommt es in den ersten Tagen oft zu einer vorübergehenden Zunahme der Beschwerden, der eine nachhaltige Besserung folgt. Man nimmt an, daß die für das Hochgebirge charakteristische Form der Anpassung an die klimatischen Störwirkungen eine wesentliche Ursache des Therapieerfolges ist.

Hypothyreose und andere endokrine Erkrankungen.

Ein nicht oder zu wenig reaktionsfähiges Organ erscheint von vornherein ungeeignet für den heilsamen Einfluß klimatischer Störwirkungen. Viele Autoren halten die Behandlung dieser Krankheiten im Hochgebirge nicht für vorteilhaft. Eine Ausnahme bildet der Diabetes mellitus, der aus bisher unbekannten Gründen in leichten Fällen im Hochgebirgsklima weniger Insulin benötigen soll.

Erkrankungen der Atmungsorgane.

Katarhe, chronische und spastische Bronchitis.

Das Fehlen von Luftverunreinigungen hat für diese Krankheiten eine wesentliche Bedeutung. Als spezifisch wirksamer Faktor wird auch das in der Gebirgsluft reichlich vorhandene Ozon diskutiert, ebenso das p_H des Aerosols, das niedrig ist auch im Gebirge und dem man eine bakterizide Potenz zuschreibt.

Ein wesentlicher Faktor der Heilwirkung des Hochgebirgsklimas auf Erkrankungen der Atemwege ist in der Anpassung an die klimatische Belastung in Form einer Abhärtung zu sehen. Die Trockenheit der Höhenluft wirkt primär reizend auf die Schleimhaut der oberen Luftwege. Durch vermehrte Ultraviolettexposition bis zum Auftreten leichter Erytheme entsteht zunächst eine erhöhte Entzündungsbereitschaft, die sich im Verlauf der reaktiven Anpassungsvorgänge in eine anhaltende Resistenz auswirkt gegen Infekte, wie in Reihenuntersuchungen an Bergleuten nachgewiesen werden konnte. Wesentlich geringer sind die therapeutischen Klimawirkungen bei Bronchiektasien und beim Emphysem. Bei diesen ist die Reaktionsfähigkeit der Lunge aufgrund pathologisch-anatomischer

Umbauvorgänge bereits stark vermindert.

Asthma bronchiale und Allergie.

Die Ausschaltung von Luftallergenen in hohen Gebirgslagen bedeutet für den Asthmatiker einen wichtigen Anlaß zur Verschickung. Wenn auch dabei mehr eine Entlastung als eine Heilung im Vordergrund steht, so gibt diese Pause in den Krankheitserscheinungen Zeit zum Ausheilen der fast regelmäßig vorhandenen Bronchitis. Die gleichen Faktoren, die eine spezifische Wirkung auf die Bronchialschleimhaut bei der chronischen Bronchitis ausüben, werden auch zur Therapie des Asthmas ausgenützt. Die sehr problematische Ätiologie und Pathogenese des Asthmas und die enge Koppelung mit psychischen Faktoren kompliziert eine eingehende Diskussion über den Nutzen der reaktiven Anpassungsvorgänge. Die vielfach beobachteten Erfolge bei der Allergiebehandlung werden von fast allen Autoren als Resultat der heilsamen Reizwirkung diskutiert.

Besonders kindliche und jugendliche Asthmatiker, Asthmatiker ohne ausgeprägte Folgeerscheinungen haben beste Erfolge und zwar scheinbar bei den verschiedensten Einflüssen klimatischer und balneologischer Art, wenn nur von vornherein durch Anwendung der Heilmittel und genügend lange Dauer eine planvolle und tiefgreifende Umstimmung des Organismus erreicht wird. Das kindliche Asthma bietet besonders im Gebirge und auch durch Seekuren ideale Heilaussichten. Die Einwirkungen auf den Atemmechanismus, die größere Entfaltung der Lunge beim Kind und Jugendlichen machen sich hier neben der Tonusherabsetzung der Bronchialmuskulatur und einer Beruhigung des nervösen Mechanismus geltend. Die günstigen Erfolge sind weniger gut, wenn ausgedehnte Katarre bestehen. Es scheint, daß auch klimatische Lagen mit Mischwald günstiger sind als solche mit reinem Nadelholzwald. Nach übereinstimmenden Angaben mit statistischen Grundlagen kann nach genügend langer klimatischer Behandlung mit einem Dauererfolg bis zu 70 % gerechnet werden.

Tuberkulose.

Lungentuberkulose.

Der Schutz vor schädigenden Klimafaktoren wie Luftverunreinigungen, Schwüle, Nebel u. s. w. wirkt sich bei der Lungentuberkulose ohne Frage günstig aus, rechtfertigt aber nicht eine Verschickung in ein so reizstarkes Klima. Der Nutzen körpereigener Anpassungsvorgänge für die Ausheilung der Lungentuberkulose hängt einerseits von der Belastbarkeit des Kranken und damit vom Stadium und der Form der Erkrankung ab, andererseits von der Dosierung der klimatischen Faktoren. Nach allgemeinen Erfahrungen sind alle schweren exsudativen Formen der Lungentuberkulose ungeeignet zur Behandlung im Hochgebirge. Besser sind die Erfahrungen mit produktiv-cirrhotischen Stadien in der Rekonvaleszenz. Besonders die Tuberkulosekranken mit hohem Tonus der Arterien ließen eine gute Heilungstendenz erkennen. Der elastische Kreislaufwiderstand nahm im Hochgebirge während der Anpassung signifikant ab.

Extrapulmonale Tuberkulose.

Unter den spezifisch auf den Erreger oder das erkrankte Gewebe wirkenden Klimafaktoren wird besonders die Ultraviolettstrahlung, und zwar der langwellige Anteil von 320 - 400 m μ Wellenlänge angenommen. Es wird eine direkte Beeinflussung der Sulfhydrylkörper in der Haut vermutet, die in ihrer aktiven Form an der Antikörperbildung beteiligt sind. Erfahrungsgemäß vertragen Patienten mit extrapulmonaler Tuberkulose stärkere klimatische Belastungen als Lungentuberkulosekranke. Die Behandlung der extrapulmonalen Tuberkulose hat sich mit der Klimabehandlung gut bewährt. Nachuntersuchungen ergaben übereinstimmend zwischen 70 und 90 % Dauererfolge bei Knochentuberkulose. Das gleiche gilt für die Halsdrüsentuberkulose und die Mesenterialdrüsentuberkulose. Dabei handelt es sich besonders um den Effekt der körpereigenen Anpassungsvorgänge.

Erkrankungen der Verdauungsorgane.

Das Hochgebirge gibt keine Indikation für solche Kranke. Hinzu kommt, daß im Hochgebirge in den ersten Höhentagen eine Hypacidität und eine Entleerungsverzögerung des Magens beobachtet wurde, die vielleicht Mitursache der im Hochgebirge häufig festgestellten Verdauungsstörungen ist.

Rheumatische Erkrankungen.

Wegen der unbedingten Schonungsbedürftigkeit ist der akute fieberhafte Rheumatismus eine absolute Gegenindikation für eine Hochgebirgsbehandlung. Aber auch für die chronische Form bedeutet die Aktivierung chronischer Entzündungen, besonders der Herde im Verlauf der Anpassung eine Gefahr. Unbestritten bleibt dagegen der Wert der gleichen Anpassungsvorgänge für die Rheumaphylaxe.

Hauterkrankungen.

Die Klimabehandlung bei Hautkrankheiten ist wertvoll. Langjährige Vergleichsuntersuchungen ergaben wesentlich bessere Erfolge der Freiluftbehandlung von Hauterkrankungen im Hochgebirge im Vergleich zur Ebene. Mit künstlichen Lichtquellen lassen sich nur in vereinzelt Fällen gleichwertige Erfolge erzielen wie durch Sonnenbestrahlung. Nach Untersuchungen bestehen bei bestimmten Hautkrankheiten Zusammenhänge zwischen dem p_H -Wert der Luft und den p_H -Werten der Haut. Da in bestimmten heilklimatischen Lagen die p_H -Werte in einem bakterientötenden Bereich liegen, während sie im Flachland und in der Großstadt noch im bakterien- und virusfördernden Bereich liegen, ist anzunehmen, daß allein durch die Acidität des Aerosols eine Beeinflussung der Hautkrankheiten eintreten kann.

Bei allen akuten Ekzemen ist jede Reizbehandlung, auch eine Strahlenbehandlung verboten. Bei chronischen, kindlichen Ekzemen ist der Klimawechsel bis-

weilen von schlagartigem Erfolg begleitet. Zur wirklichen Heilung solcher ekzemkranker Kinder ist jedoch ein mehrmonatiger Aufenthalt im Heilklima erforderlich. Bei der juvenilen Acne kommt ebenfalls eine Heliotherapie in Frage, am besten in einem Heilklima. Wenn ein schlecht heilendes Ulcus cruris oder überhaupt eine schlecht heilende Wunde Licht und Luft ausgesetzt wird, so verschwindet rasch der Juckreiz und eine beschleunigte Abheilung tritt ein. Man darf allerdings nicht durch Überdosierung die Epithelneubildung stören. Bei chronischer Urtikaria kann durch den Klimawechsel der Juckreiz sofort verschwinden (JUNGSMANN, VOGT und AMELUNG) [26, 67].

Die bedeutsamsten Erfolge werden zur Zeit im Hochgebirge (über 1550 m Höhe) bei der konstitutionellen atopischen Neurodermitis, der Nachfolge-Dermatose einer Vielzahl von kindlichen chronischen Ekzemen (Ekzematoiden) erzielt (BORELLI) [6]. Langdauernde Erythrodermien verschiedener Genese sprechen meist ebenfalls an. Als günstige Beeinflussung dieser Krankheiten ist das Abfallen der Eosinophilen zu beurteilen, d. h. bei 50 % der Kranken konnte man eine Normalisierung feststellen, während bei der Gruppe mit gleichbleibenden oder ansteigenden Werten die Zahl der Eosinophilen weitgehend noch im Normbereich lag.

Ebenfalls normalisiert wurden die Gefäßreagibilität und Durchblutungsgröße der Haut dieser Kranken im Hochgebirge (Davos).

Funktionelle Störungen und vegetative Dystonie.

Eine Krankheit besteht aus dem organischen Anteil, den morphologischen Veränderungen und aus dem psycho-nervösen Anteil, den funktionellen Störungen. Eine neurovegetative Dysregulation kann nur angegeben werden wenn keine organische Krankheit vorliegt.

Erholung ist die längere Zeit anhaltende Wiederherstellung normaler Reaktionsabläufe aus dem Zustand der Abspannung. Nach den bisherigen Erfahrungen hält die Erholung im allgemeinen ein halbes Jahr an. Die Erholung erfolgt am besten im Erholungsurlaub oder Wiederherstellungsurlaub. Nach dem bisherigen Stand der Forschung sind dazu mindestens volle 3 Wochen nötig, da erst nach dieser Zeit sich die Fehlregulationen der Abspannung normalisieren lassen.

Das Neurovegetativum ist am besten über seine zirkulatorischen Regulationsmechanismen objektiv zu erfassen. Die Durchblutungsstörungen werden über Änderungen der Herz- und Gefäßmechanismen ausgelöst. Die Reizbeantwortung im Vegetativum geht nicht linear vor sich, sondern strebt in Phasen dem jeweiligen Normbereich zu. Der Normbereich ist eine leicht vagotone Amphotonie. Bei der Erholung wechseln vagotone (positive) und sympathikotone (negative) Phasen miteinander. So fand man immer am 3. Tag nach dem Klimawechsel eine besonders stark sympathikotone vegetative Lage mit Reizbarkeit, Dysregulationen und Leistungsminderung. Daher werden auch Kurgäste am 3. Tag gewarnt, sich Belastungen auszusetzen. Am 10. und 20. Tag erlebt man weitere

egative Phasen, die jedoch nicht mehr so eingreifend sind, jedoch die Zeit bestimmen, die zur Wiederherstellung normaler Reaktionsabläufe nötig ist. Der Höhenwechsel löst zunächst eine vagotone Sofortreaktion aus. Das Herz stellt sich auf Spargang ein, kann aber diese positive Einstellung meist nur 3 Stunden durchhalten. Dann schlägt die neurovegetative Einstellung in das Gegenteil um, es kommt zu einer sympathikotonen Reaktion. Man bezeichnet sie als negative Schwankung, weil sie von ungünstigen Erscheinungen begleitet sein kann: von Herzklopfen, Fingerzittern, Erregbarkeit oder Trägheit, Unlust, gestörtem Schlaf, geminderter Leistungsfähigkeit und Konzentrationsschwäche. Dieser negativen Phase folgt erst die Umstellungsreaktion, die Anpassung an die veränderten Umweltverhältnisse, die volle Leistungsfähigkeit wird wieder hergestellt bis zum erwähnten 3. Tag. Treffen da mehrere negative Faktoren zusammen, so kann es zu schweren, ja bedrohlichen Funktionsstörungen, sogar Ausfällen kommen. Dies besonders bei vegetativ Labilen, z.B. bei männlichen und weiblichen Personen in den Wechseljahren, ebenso bei Fokalherdträgern. So konnte man nachweisen, daß die Späterfolge einer Kur bei Fokalherdträgern und herdfreien Patienten sich spiegelbildlich verhalten. Schon seit altersher wird in Bädern und vor allem in Luftkurorten dem Milieuwechsel besondere Heilkraft zugeschrieben. Das Kurmilieu und die meist vernünftige ruhige Lebensweise ist der Klimareiz, welcher die neurovegetativen Regulationsmechanismen in Gang bringt (HITTMAYER) [23].

VI. Jahreszeitliche Einflüsse des Wetters.

Viele Hautkrankheiten sind saisonbedingt, so z.B. hat der Lupus vulgaris ein Maximum im Spätwinter und Frühjahr, in der kalten und sonnenarmen Jahreszeit verschlechtert sich der Akne vulgaris und das endogene Ekzem, die Varietellen nehmen zu.

Im Spätwinter, bzw. Frühjahr sind die Stoffwechselumstellungen in tetanischer Richtung besonders bei Ekzemkindern bekannt.

Im Frühjahr fand man eine Häufung der Ekzeme, der tuberkulösen Hauterkrankungen, auch fand man eine Zunahme der allergischen Reaktionen, wozu auch die Häufungen der Erythema nodosum und der Conjunctivitis phyktaenulosa zu rechnen sind.

Auch das Erythema exsudativum multiforme hat in den meisten Ländern einen Frühjahrgipfel. Das Hautkapillärbild zeigt im Frühjahr stärkere Schwankungen. Die Erregbarkeit der Hautvasomotoren kann man am Dermographismus erkennen.

Bekannt sind auch die Psoriasisschübe im Frühjahr und Herbst.

Im Hochsommer, bei höchsten Temperaturen und Dampfdruckwerten und entsprechend erhöhter Schweißbildung findet man eine Zunahme der dyshidrotischen Krankheiten, besonders des dyshidrotischen Ekzems. Auch das Erysipel, Erysipeloid, Furunkel und Karbunkel haben im Juli und August einen Anstieg. Durch die gesteigerte Licht- und UV-Bestrahlung im Hochsommer zeigen die Sonnendermatitiden eine große Häufung, auch der Lupus erythematoses hat im Sommer einen Gipfel (DAUBERT, AICHINGER) 13.

Indikation für eine Klimatherapie:

1. Erkältungskrankheiten, feuchte Katarrhe.
2. Asthma bronchiale und andere Allergosen.
3. Heufieber, in höheren Lagen.
4. Herz- und Kreislaufstörungen ohne Dekompensationserscheinungen und fortgeschrittene Sklerose.
5. Blutkrankheiten, perniziöse Anämie.
6. Stoffwechselleiden je nach Konstitution, Diabetes mellitus.
7. Arthritis.
8. Tuberkulose.

Hautkrankheiten.

1. Konstitutionelle Ekzeme, Konstitutionelle atopische Neurodermitis (endogene Ekzeme).
2. Akne vulgaris.
3. Ichthyosis.
4. Psoriasis.
5. Unspezifisch: Retikulosen, wie Mykosis fungoides; Pemphigus, Dermatitis herpetiformis DUHRING, Urticaria chronica, die häufig gebessert werden,

aber nur mehr im Sinne der Remission, nicht der Heilung, soweit man es bislang überblickt.

Physiologische Wirkung:

Amphotone Umstellung.

VII. Untersuchungen nach der Rückkehr und Beobachtungen über den Erfolg.

In den Ruhemeßwerten zeigte sich, daß weder die EndEinstellung im fremden Klima beibehalten, noch die Vorwerte, die vor Antritt der Reise bestanden, wieder gefunden wurden:

relative Bradykardie, deutlich verkleinertes Herzminutenvolumen, ein gegenüber den Vorwerten erniedrigter elastischer Kreislaufwiderstand und im Mittel eine unveränderte Ruhe-Atemfrequenz.

Insgesamt tendierten die Kreislaufmeßwerte nach der Rückkehr zu einer sogenannten vagotonen Kreislaufeinstellung. Der Rückkehrereffekt besonders im Herzminutenvolumen hält bis zu 10 Tagen an. In den Kreislaufbelastungsproben zeigten sich auffallend schwache, z. T. gedämpfte Reaktionen. Die Pulsfrequenz im Stehversuch stieg nur träge und gering an. Die Herzminutenvolumensteigerung bei Sauerstoffmangelatmung war minimal. Praktisch unverändert hoch blieb dagegen die Vitalkapazität.

Erhalten blieb auch die in der 4. Woche des Klimaaufenthalts bei den einzelnen Patienten erreichte Annäherung der Einzelmeßwerte an einen normalen Mittelwert.

Obwohl im Stehversuch in den ersten 14 Tagen nach der Rückkehr keine pathologischen Erscheinungen manifest wurden, entstand doch der Eindruck, daß die Zeit der Reklimation eine Periode erhöhter Empfindlichkeit ist. Die Patienten berichten von Heiserkeit, Kopfschmerzen, Schwächegefühl und auffallender Müdigkeit. Diese Symptome verschwanden nach einer Woche (JUNG MANN) [26].

C. Zusammenfassung

Wird ein Mensch in kurzer Zeit in 2000- 4000 m Höhe gebracht, so kann man schon während der Fahrt oder in den ersten Stunden nach der Ankunft Veränderungen im Allgemeinbefinden feststellen. Bei längerem Aufenthalt spielen sich Anpassungsvorgänge ab, die nach bestimmten Zeitabständen stärkere Reaktionen aufzeigen.

In den ersten Stunden wirkt vor allem die vegetative Umstellung auf den Menschen. Nach 1 - 3 Stunden Höhenaufenthalt kommt es zu einem Vorherrschen des Sympathikus, bei einigen Personen kann man sogar eine kurze vagotone Kreislaufeinstellung zuvor beobachten. Bei längerem Höhengaufenthalt wurden die speziellen Wirkungen auf den Organismus untersucht. Man findet eine Zunahme der Erythrozyten, ebenfalls des Erythrozytenvolumens und eine Erhöhung der osmotischen Resistenz der Erythrozyten. Das Hämoglobin nimmt zu. Die Monozytenzahl steigt an, die Eosinophilen nehmen ab und die Zahl der Lymphozyten ändert sich nicht. Das Gesamteiweiß steigt an, die Albumine ebenfalls, die Globuline zeigen große Schwankungen. Seit 1950 wurden keine neueren Untersuchungen über die Blutgerinnung vorgenommen. Die älteren Untersuchungen erfassen nur Komplexe, z.B. elektrophotometrisch bestimmte Rekalkifizierungszeit eines genormt zentrifugierten Humanplasmas. Dabei wurde nicht berücksichtigt, ob die Gläser silikonisiert waren, wieviele Thrombozyten entfernt wurden u.s.w. Der dabei festgestellten Verlängerung der Rekalkifizierungszeit und der Erhöhung der Prothrombinzahlen nach QUICK kann nach den neueren Erkenntnissen nicht viel Bedeutung beigemessen werden. In der Höhe fallen pathologische Säuren an, die die Alkalireserve beanspruchen. Jedoch kann es durch die vermehrte Atmung auch zu einer Alkalose kommen. Die zirkulierende Blut- und Plasmamenge nimmt in der Höhe zu durch die Entleerung von Blut aus den Depots. Die Pulsfrequenz und der systolische Blutdruck steigen an, der diastolische Blutdruck fällt ab. Das Herzminutenvolumen nimmt langsam zu, hat am 5. Höhentag ein Maximum und sinkt anschließend wieder auf den Tieflandwert ab.

Atemfrequenz und Atemtiefe sind gesteigert.

In den ersten Höhentagen nimmt die Harnmenge etwas zu, freie und an NH_3 gebundene Säure wird zunächst eingespart, später kommt es teilweise zu größerer Säureausscheidung. Es besteht während des ganzen Höhengaufenthaltes Nykturie. Das Körpergewicht nimmt zwischen dem 2. und 8. Höhentag deutlich ab. Die Hautwasserabgabe wird eingeschränkt infolge der gesteigerten Wasserabgabe durch Lunge und Harn. Die Körpertemperatur ist etwas erhöht. Der Tonus der Skelettmuskulatur ist zunächst etwas erhöht, nach einigen Tagen kommt es zu einer deutlichen Abnahme. Die Reiz-

schwellen des Drucksinnes sind in den ersten Tagen erniedrigt, danach tendieren sie wieder zu den Talwerten hin. Die Reizschwellen des Geschmacksinnes bleiben während des gesamten Höhenaufenthaltes erniedrigt. Die Schwelle des Patellarsehnenreflexes wird gesenkt und die Intensität des Reflexes gesteigert. Es herrscht also eine Erregung des cerebro-spinalen Nervensystems vor.

Auch bei den Organen findet man mikroskopische Veränderungen nach Sauerstoffmangel. Bei der Leber kommt es zunächst in den Läppchenzentren zur Verfettung der Epithelien, später zu Nekrosen. Am Herzmuskel kommt es zur Schwellung der Mitochondrien mit darauf folgendem Ödem. Anschließend entstehen Koagulationsnekrosen. Im Zentralnervensystem ist schon makroskopisch die Erweichung des Globus pallidus festzustellen, daneben findet man Nekrosen der Purkinjezellen, der Großhirnrinde und des Ammonshorns.

Durch die niedrige Temperatur und die Luftbewegung in der Höhe wird vor allem die Wärmeregulation der Haut angeregt, so daß die Reaktionszeit der Hautvasomotoren auf Kältereize in der Höhe verkürzt wird. Durch die Trockenheit der Luft wird die Haut spröde und rau. Im Hochgebirge ist die Sonnen- und Himmelsstrahlung besonders groß, so daß ihre Wirkung auf die Haut und den Organismus besonders berücksichtigt werden muß. Auf der Haut entsteht durch den Strahlungsreiz eine Verdickung der Epidermisseichten, besonders der Hornschicht und eine Pigmentierung. Die in der Keimschicht entstehenden Stoffe (H-Stoffe, Cholin- u. Acetylcholin) können auf weite Teile des Körpers einwirken. Man vermutet vor allem eine günstige Beeinflussung der Abwehrvorgänge. Durch das UV-Lichterythem entsteht eine alkalische Reaktion der Hautoberfläche, wodurch der Säureschutz für einige Zeit unterbrochen wird. In der Höhe wird die Produktionsfähigkeit der Talgdrüsen etwas erhöht, das Talgniveau wird gesenkt. Bei einer Klimatherapie müssen folgende Klimafaktoren berücksichtigt werden: der aktinische Komplex, der physikalisch-mechanische Komplex, der lufterlektrische, der thermische und der hygrische Komplex. Asthma, Heufieber und andere Allergosen, Tuberkulose, feuchte Katarrhe, Herz- und Kreislaufstörungen ohne Dekompensation, perniziöse Anämie, Diabetes mellitus, Stoffwechselleiden und Arthritis sind für eine Klimatherapie geeignet. Bei den Hautkrankheiten sind es: Die konstitutionelle atopische Neurodermitis, Ichthyosis, endogene Ekzeme, Psoriasis und Akne vulgaris. Nach der Rückkehr ins Tiefland zeigen sich Reklimatisationserscheinungen. Die Hauptwirkung des Höhenklimas besteht zunächst aus den speziellen Klimafaktoren, wie z.B. Sauerstoffdruckerniedrigung, Allergenfreiheit, erhöhten Strahlung u.s.w., jedoch dem Milieuwechsel, der vernünftigen Lebensweise und dem Reiz auf die neurovegetativen Regulationsmechanismen wird ebenso große Bedeutung zugeschrieben.

Für die geeignete Themastellung und die ausgezeichnete Unterstützung
bei der Sichtung meiner Arbeit danke ich Herrn Professor Dr. Dr.
S. BORELLI besonders.

D. Literaturverzeichnis.

- 1 ALDER, A. : D. Arch. klin. Med. 88, 74 (1919)
- 2 BAUMANN, J. : Z. exp. Med. 68, 707 (1929)
- 3 BAUR, Fr. : Linkes Meteorolog. Taschenbuch Bd. III,
Geest u. Portig KG., Leipzig 1957
- 4 BERG, H. : Wetter und Krankheiten, Bonn 1948
- 5 BEUTLER, F. u.
STÄMPFLI, R. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
- 6 BORELLI, S. : Fortschritte der praktischen Dermatologie
u. Venerologie, Bd. V.
Bergmann Verlag München 1964
- 7 BRENDDEL, W. : persönliche Mitteilung, München
- 8 BÜCHNER, F. : Allgemeine Pathologie, Urban u.
Schwarzenberg Verlag München - Berlin
1959
- 9 CONVAY, E. J. u.
COSTRE, R. : Biochem. J. 33, 457, 479 (1939)
- 10 CULLEN, G. E. u.
van SLYKE, D. D. : J. biol. Chem. 41, 587 (1920)
- 11 BÜHLMANN, A. u. WANG, S. : Schweiz. med. Wschr. 81, 80 (1951)
- 12 DALLA TORRE, L. : in v. MURALT, A.
- 13 DAUBERT, K.,
AICHINGER, F. : in GOTTRON, H., SCHÖNFELD, W.
Bd. 1 T. 2, S. 905
- 14 ENGELKING, E. et
HARTUNG, H. : Klin. Mbl. Augenheilk. 89, 763 (1932)
- 15 FLACH, E. : S. 178 - 271 in Linkes Meteorolog.
Taschenbuch s. BAUR, Fr.
- 16 FLEISCH, A. : Helv. Physiol. Acta 3, 355 (1945)
- 17 FLEISCH, A. u.
GRANDJEAN, E. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
S. 26, 35
- 18 FLEISCH, A. u.
v. MURALT, A. : Klimaphysiolog. Untersuch. i. d. Schweiz,
2. Teil, Benno Schwabe u. Co., Basel (1948)

- 19 GAUDI, J. P. u. STÄMPFLI, R. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
- 20 GOTTRON, H. A. u. SCHÖNFELD, W. : Dermatologie u. Venerologie.
G. Thieme Verlag Stuttgart, (1962)
- 21 GRANDJEAN, E. : in v. MURALT, A.
- 22 GRANDJEAN, E., POSTER-
NAK, J. et WARIDEL, H. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
- 23 HITTMAIR, A. : Z. angew. Bäder- u. Klimaheilkunde 10:
375 - 384 (1963)
- 24 JEZLER, A. u. VISCHER, A. : Schweiz. med. Wschr. 66, 398 (1936)
- 25 JÜRGENS, R. : Schweiz. med. Wschr. 74, 113 (1944)
- 26 JUNGSMANN, H. : Das Klima in der Therapie Innerer Krankhei-
ten.
J. Ambros. Barth München 1962
- 27 KAUFMANN, H. P. : Studien auf dem Fettgebiet. Berlin 1935
- 28 KEITH, N., ROWNTREE, L. u. GARAGHTY, J. : Arch. int. Med. 16, 547 (1915)
- 29 LAMPERT, H. : Heilquellen u. Heilklima Dresden 1934
- 30 LOEWY, A. : Physiologie d. Höhenklimas Berlin 1932
- 31 MARCHIONINI, A. u. SCHIRREN, C. G. : Handb. der Haut u. Geschlechtskrankheiten.
Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidel-
berg 1959
- 32 MARCHIONINI, A. u. TOR, S. : Arch. f. Dermat. u. Syphilis 181, 239
(1941)
- 33 MEYER, H. : Strahlentherapie
Urban u. Schwarzenberg Verlag
Berlin-Wien 1939
- 34 MIESCHER, G. : in MEYER, H. S. 615
- 35 MIESCHER, G. u. SCHÖNBERG, A. : Bull. Schweiz. Akad. Med. Wiss.
1, 101 (1944)

- 36 MÜLLER, FR. u.
CRONHEIM, G. : Die unter d. Einfluß d. Höhenklimas
im Blut auftret. Sauerstoffzehrung.
R. Schoetz Berlin 1932
- 37 v. MURALT, A. : Verh. Schweiz. Physiol. Zürich, Jan. 1941
- 38 v. MURALT, A. : Helv. Physiol. Acta 1, C 66 (1943)
- 39 v. MURALT, A. : Klimaphysiolog. Untersuch. i. d.
Schweiz, 1. Teil
Benno Schwabe u. Co., Basel 1944
- 40 v. MURALT, G. u.
HIRSIGER, W. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
- 41 v. MURALT, G. u.
NOTTER, B. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
- 42 v. MURALT, G. u.
STETTLER, B. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
- 43 PFLEIDERER, H. : in MEYER, H. S. 627
- 44 POSTERNAK, J. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
- 45 QUICK, A. J. : J. biol. Chem. 109, 1XXIII (1935)
- 46 QUICK, A. J. : Proc. Soc. exp. Biol. Med. 42, 788
(1939)
- 47 REIN, H. u.
SCHNEIDER, M. : Einführung in die Physiologie des
Menschen.
Springer Verlag, Berlin-Göttingen-
Heidelberg 1956
- 48 de RUDDER, B. : Grundriß einer Meteorbiologie des
Menschen.
Springer Verlag, Berlin-Göttingen-
Heidelberg 1952
- 49 SAILER, E. u.
VERZAR, F. : Helv. Physiol. Acta 8, C72 (1950)
- 50 SAILER, E. u.
VERZAR, F. : Helv. Physiol. Acta 8, C74 (1950)
- 51 SCHÄFFELER, K. u.
FLURY, M. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.

- 52 SCHÄFFELER, K. u. in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
HERRMANN, F. U. :
- 53 SCHLIEPHAKE, E., SMETS, R., Physikalische Therapie, Balneothera-
LAMPERT, H. u. PFLEI- pie, Klimatherapie.
DERER, H. : Bern-Stuttgart 1958
- 54 SCHÖNBERG, A. : in v. MURALT, A.
- 55 SCHÖNHOLZER, G. u. in v. MURALT, A.
COTTIER, P. :
- 56 SCHÖNHOLZER, G. u. in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
GROSS, F. :
- 57 SCHÖNHOLZER, G., GROSS, F. in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
u. MARTHALER, F. :
- 58 SCHÖNHOLZER, G., in v. MURALT, A.
LÜTHI, K. :
- 59 SCHÖNHOLZER, G. u. in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
PORTMANN, U. :
- 60 SCHÖNHOLZER, G. u. in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
v. SINNER, F. :
- 61 SCHULZE, R. : in MEYER, H. S. 635
- 62 SEYBOLD, A. u. Klima, Wetter, Mensch.
WOLTERECK, H. : Heidelberg 1952
- 63 STÄMPFLI, R. u. in v. MURALT, A.
EBERLE, A. :
- 64 STÄMPFLI, R. u. in v. MURALT, A.
ENDTNER, A. :
- 65 STÄMPFLI, R. u. in v. MURALT, A.
RICKENBACH, K. :
- 66 v. TAVEL, FR. : Die Auswirkungen des Sauerstoffman-
gels auf d. menschl. Organismus beiⁿ
kurzfristigen Aufenthalt in großer Höhe.
Benno Schwabe u. Co., Basel 1943

- 67 VOGT, H. u.
AMELUNG, W. : Einführung in die Balneologie u. med.
Klimatologie.
Springer Verlag Berlin-Göttingen-
Heidelberg, 1952
- 68 WENT, N. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
- 69 WIESINGER, K. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
- 70 WIESINGER, K. u.
ABBÜHL, K. : in v. MURALT, A.
- 71 WIESINGER, K. u.
PLÜSS, H. R. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
- 72 WIESINGER, K. u.
SCHERTENLEIB, F. : in v. MURALT, A.
- 73 WIESINGER, K. u.
STEINMANN, H. : Helv. Physiol. Acta 1, C 32 (1943)
- 74 WIESINGER, K. u.
TOBLER, W. : in v. MURALT, A.
- 75 WILBRANDT, W. u.
HERRMANN, E. : in v. MURALT, A.
- 76 WILBRANDT, W. u.
SOMMER, H. : in v. MURALT, A.
- 77 WOEBER, K. : Therapie der Hautkrankheiten.
in MARCHIONINI, A. u. SCHIRREN, C. G.
- 78 WOLFF, E. : Ann. med. 10, 185 (1921)
- 79 ZAFFARONI, A., BURTON,
R. B. u. KENTMANN, E. R. : Science N. Y. 111, 6 (1950)
- 80 ZEHENDER, F. u.
SCHÖNBERG, A. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.
- 81 ZWAHLEN, P. et
GRANDJEAN, E. : in FLEISCH, A. u. v. MURALT, A.

E. SACHREGISTER

- Abhärtungskur 36
 Absorption 23
 Abwehrfermente 25
 Acetylcholkörper 25
 Achromie 23
 Acne, juvenile 43
 Acne vulgaris 45
 Adaptation 19
 Adaptometer 20
 Adrenalfunktion 36
 advektives Wetter 30
 aerokolloidales System 32
 Aerosol 32, 40, 42
 Äquivalenttemperatur 37
 Albumine 9
 Alkalireserve 11
 Alkalose 11, 17
 Allergene 30
 Allergie 41
 Allergosen 45
 Ammoniakausscheidung 16
 Ammoniakbildung 16
 Ammoniakmenge 16
 Ammoniakstickstoff 16
 Ammoniakzahl n. HASSELBACH 16
 Ammonshorn 21
 Amphotonie, vagotone 2, 43
 Anämien, hypochrome 39
 pemiziöse 39
 sekundäre 39
 antizyklonaler Wetterumschlag 34
 Antizyklone 33
 Arbeitseffekt 13
 Arbeitsmyokard 39
 Arterien, Tonus 2, 4, 5
 Arteriosklerose 40
 Arthritis 45
 Asthma bronchiale 41, 45
 Asthmakranke 38
 Atemfrequenz 4, 5, 15
 Atemmuskelkraft 15
 Atemmuskulatur 15
 Atempause 15
 Atemstoß 4
 Atemtiefe 15
 Atemzentrum 15
 Atemzüge 15
 Atmosphäre 31, 33
 atmosphärische Reizfaktoren 31
 Atmung 11, 15
 Atmungsform 15
 Atmungsorgane 40
 AV-Rhythmus 39
 bakterizide Wirkung d.
 UV-Strahlen 25
 Basalschicht 23
 Basedowkranke 38
 Basem-Säureverhältnisse 10
 Bergkrankheit 5
 Bewölkung 34
 bioklimatische Reizfaktoren 31
 Biosphäre 34
 biotrope Faktoren 34
 Blut 6
 Blutbild, weißes 8, 39
 Blutdruck 2, 4, 13
 Blutdrucksenkung 25
 Bluteiweiße 9
 Blutfarbstoff 14
 Blutgase 10
 Blutkrankheiten 39, 45
 Blutkreislauf 13
 Blutmenge 11, 12
 Blutplasma 7
 Blutstrom 14
 Blutumlauf 14
 Blutzuckerabfall 18

- Bradyarrhythmien 13
- Bradykardie 2, 47
- Bräunung 24
- Bronchialmuskulatur 41
- Bronchiektasie 40
- Bronchitis 38, 40, 41
- Calciumvermehrung 27
- cancerogene Wirkung d. UV-Strahlen 25
- Cerebralsklerose 19**
- cerebrospinales Nervensystem 20
- chemischer Komplex 32
- CHEYNE-STOKES'sche Atmung 15
- Chinhydron-Epicutanelektrode 26
- Cholesteringehalt 28
- Cholinkörper 25
- Chronaxien 19
- Citratblut 6
- Conjunctivitis phytaenulosa 45
- Corticosteroide 21
- Cortison 22
- Cutis 23
- Dampfdruck 37
- Dampfdruckabnahme 30
- 11-Dehydro-17 hydroxy-Corticosteron 22
- Dentritenzellen 32
- Dermatitis herpetiformis DUHRING 45
- Dermographismus 45
- Diabetes mellitus 40, 45
- Drucksinn 20
- Dunstgehalt d. Luft 34
- Durchblutungsgröße d. Haut 43
- Dysregulation, neurovegetative 43
- Dystonie, vegetative 43
- Eisenbelastungstest 18
- Eisenmangel 18
- Eisenresorption 18
- Eiweißansatz 18
- Eiweißausscheidung 16
- Eiweißstoffwechsel 16
- Ekzematoide 43
- Ekzeme 43, 45
- Elektrolytausscheidung 17
- Emanationsgehalt d. Luft 34
- Emphysem 38, 40
- Endokarditis 39
- endokrine Erkrankungen 40
- Enzyme 25
- Eosinophile 8, 43
- Epidermis 23, 24
- Erholung 43
- Ermüdung 14
- Erythem 24
- Erythema exsudativum multiforme 45
- Erythema nodosum 45
- Erythema solare 31
- Erythrodermien 43
- Erythropoese 39
- Erysipel 45
- Erysipeloid 45
- Erythrozyten 7, 37
- Erythrozytenvolumen 7
- Esophylaxie 25
- Esophylaxiethorie v. HOFFMANN 25
- Euphorie 3
- Evans blue 11
- Extrasystolen 13, 39
- Extremitäten-EKG 4
- Expiration 15
- Expirationsstromstärke 4, 5, 15
- Farbstoffmethode 11
- fetales Hämoglobin 10
- Fettansatz 18
- Fettstoffwechsel 18
- Fettverbrennung 13

Feuchte

absolute 37

relative 37

Fibrin 7

Fibrinogen 7

Flimmergrenze 5

Fokalherdträger 44

Furunkel 45

Gaskettenapparatur 26

Gefäßspasmen 39

Gefäßreagibilität 43

Gefäßwandspannung 13

Geigerzähler 22

Gerinnungskurve 6

Gerinnungsphase 6

Gesamteiweiß 9

Gesamtstickstoff 16

Geschmacksinn 20

Gewichtssturz 5, 18

Gewichtszunahme 18

Gleichgewichtsschwankungen 20

Globalstrahlung 30, 31

Globuline 10

Globus pallidus 21

Glukosebildung 32

Glykogenie 18

Glykogenschwund 21

Glykolyse, anaerobe 13

Glykosurie 18

Glykoseintoleranz 18

Großhirnrinde 21

Grundumsatz 16, 25

Hämatokrit 6

Hämoglobin 8, 37

fetales- 10

Hämoglobinearten 10

Hämoglobinkonzentration 10

Hämometer 8

Hämatopoese 32

Halbleiter 22

Halbwertszeit 22

Halsdrüsenentb. 42

Handschrift 19

Harn 16

Harnmenge 17

Haut 22

Hautdialysat 27

Hauterkrankungen 42

Hautmikroskop 14

Hauttemperatur 14, 35

Hautwasserabgabe 18

Heilklima 43

Helio-Klimatherapie 31

Heliotherapie 30

HENDERSON'scher Quotient 16

Herz 13

Herzerweiterung 13

Herzkrankheiten 39

Herzminutenvolumen 5, 14, 47

Herzmuskel 13, 21, 37

Herzmuskeldurchblutung 39

Herzmuskelfasern 13

Herzrhythmusstörungen 39

Herzschatten 13

Herzzentren, bulbäre 13

Heufieber 45

Heufieberkranke 38

Himmel 33

Himmelsstrahlung 30, 31

Histamin 25

Histaminausschüttung 32

Histidin 25

Hochdruckgebiet 33

Hochfrequenzstrahlung 34

Höhenanpassung 13

Höhenrausch 3

Höhentod 21

Höhenumstellung 13

Hornschicht 23

H-Stoffe 23

hygrischer Komplex 33, 37
 Hypacidität 42
 Hyperämie 32
 Hypertonie 39
 Hypoglykämie 18
 hypoglykämischer Schock 18
 Hypophysen-Adrenalsystem 36
 Hypophysen-Hormone 32
 Hypothyreose 2, 40

Ichthyosis 45
 Infarkte 39
 Infekte 5
 innere Sekretion 21
 Insulin 40
 Ionengehalt d. Luft 34
 Ionosphäre 33, 35

Jod¹³¹, radioisotopes 22
 Jodarmut 40
 Jodzahl 28

Kälteurtikaria 33
 Kapillaren 14
 Kapillardruck 14
 Kapillarerweiterung 14
 Kapillarfüllung 14
 Kapillarkreislauf 14
 Karbunkel 45
 Katalasegehalt 27, 28
 Katarrhe 38, 40, 45
 Keratinkolloide 26
 Kerngehalt d. Luft 34
 Kernpygnose 23
 Klappenfehler 39
 Klimakterium 38
 Klimakuren 37
 Klimatherapie 30
 Klimawirkung 35
 Knochentbc 42
 Koagulationsfaktoren 6

Koagulationsnekrosen 21
 körnige Strömung 14
 Körpergewicht 18
 Körpertemperatur 19
 Kohlenhydratstoffwechsel 18
 Kohlensäure 11
 Kohlensäureassimilation 32
 Kohlensäureatmung 15
 Kohlensäurebindung 11
 Kohlensäuredruck 11
 Kohlensäurespannung 11, 16
 Kohlensäurewert 10
 Kranzadererkrankungen 38
 Kreislauf 13
 Kreislaufeinstellung
 amphotone 2
 sympathikotone 2
 vagotone 2, 47
 Kreislaufregulationsstörungen 2
 Kreislaufstörungen 39
 Kreislaufwiderstand 4, 5, 47
 peripherer- 2
 Kühlreiz 16
 Kugelkondensator 33
 Läppchenzentren 21
 Leber 21
 Leitfähigkeit 34
 Lichterythem 23
 Lichtgewöhnung 24
 Lichtstrahlung 25
 Linsenkern 21
 Luftallergene 41
 Luftbäder 16
 Luftbewegungen 22
 Luftdruck 34
 luftelektrische Wirkung 22
 luftelektrischer Komplex 33
 Luftentkeimung 25
 Luftfeuchtigkeit 34
 Luftmassen 35

- Lufttemperatur 34
- Luftvolumen 10
- Lungenalveolen 15
- Lungentbc 41
- Lupus 25
 - erythematodes 45
 - vulgaris 45
- Lymphozytenzahl 8
- Magen 42
- Melanin 24
- Mesenterialtbc 42
- meteorotrope Erkrankungen 33
- meteorotroper Komplex 33
- meteorotrope Reaktion 33
- Milchsäure 13
- Milieuwechsel 44
- Minutenvolumen 2, 4, 14, 25
- Mitochondrien 21
- Mitosen 23
- Mitralstenose 39
- Monocytenzahl 8
- Muskelarbeit 19
- Muskelhärte 19
- Muskelsystem 19
- Muskeltonus 19
- Mykosis fungoides 45
- Myokarditis 39
- Nagelfalz 14
- Naßkälte 34
- Natriumgehalt 17
- Nebennierenaktivität 5
- Nebennierenrindenfunktion 21
- Nervensystem 37
- Neurodermitis, konstitutionelle
 - atopische 45
- Neurovegetativum 43
- Nichtleiter 22
- Nykturie 17
- osmotische Resistenz d.
- Erythrozyten 7
- Oxalatplasma 7
- Ozon 31, 40
- Ozongehalt 30
- Oxydationsprozesse 28
- Papier-Chromatographie 21
- Papillarkörper 23
- Patellarsehnenreflex 20
- pathologische Säuren 11
- Pemphigus 45
- Perikarditis 39
- Phosphatfällung 9
- Phosphorsäurekreatin 13
- photoaktinischer Komplex 31
- p_H-Wert 11, 17, 26
- Pigment 24
- Pigmenteffekt 24
- Pigmentierung 23, 24
- Pigmentphänomen 24
- Plasmaalkaloide 17
- Plasmaeiweiße 7
- Plasmamenge 11
- Polarlichter 35
- Pollenallergene 38
- Poyptidaausscheidung 16
- Porter-Silber-Cromogen-
 - Ausscheidung 4, 5
 - Methode 21
- Potentialgefälle 34
- Potentialschwankungen 30
- Promelanin 32
- Prothrombinzahlen n. QUICK 7
- Prothrombinspiegel 7
- Prothrombinzeit 7
- Psoriasis 45
- Pulsbeschleunigung 5
- Pulsfrequenz 13, 47
- Pulsfrequenzsteigerung 4, 5

Pulsverlangsamung 13
 Pulswellengeschwindigkeit 2, 4, 13
 Pulszeiten 13
 Pupillen 20
 Purkinjezellen 21

QUICK, Prothrombinzahlen 7

radioaktive Wirkung 22
 Radioaktivität d. Erdbodens 34
 Raumklima 30
 Reaktionszeit 5, 6, 22
 Recalcifizierungszeit 6
 Reduktionsprozesse 28
 Refraktometerwerte 9
 Reklimation 47
 Remission 46
 respiratorische Arrhythmie 13
 Retikulosen 45
 Retina 20
 Retraktionszeit 6
 Rheobasen 20
 Rheumaphylaxe 42
 Rheumatiker 38
 Rheumatismus 42
 Rhodanzahl 29
 Rückkehreffekt 47
 Ruheminutenvolumen 2
 Ruhepulsfrequenz 5

Sättigungsdruck 37
 Säureausscheidung 17
 Säureeinsparung 17
 Säuremantel 26
 Säureschutz d. Haut 26
 Säurezahl 29
 Sauerstoff 32
 Sauerstoffatmung 13
 Sauerstoffausnützung 14
 Sauerstoffgehalt d. Blutes 10
 Sauerstoffpartialdruck 10

Sauerstoffsättigung 10, 15
 Sauerstoffspannung 11, 15
 Sauerstoffzufuhr 10
 Schilddrüse 22
 Schilddrüsenfunktion 3, 22
 Schlagvolumenvergrößerung 14
 Schleimhäute 22
 Schutzfunktion d. Haut 25
 Schweißdrüsen 27, 36
 Schweißsekretion 18
 Schwüle 34, 37
 Sinnesorgane 4, 19
 Skelettwachstum 18
 Sklerose 45
 Sklerosierung 21
 solare Faktoren 35
 solare Korpuskel 35
 Sonne 33
 Sonnenbäder 18
 Sonnenflecken 35
 Sonnenscheindauer 34
 Sonnenstrahlung 30, 31
 Stagnation 14
 Staubgehalt d. Luft 34
 Stickoxydgehalt 30
 Stickstoff 32
 Störungswetter 33
 Stoffwechsel 16, 38
 Stoffwechselleiden 45
 Stoffwechselsteigerung 16
 Stoffwechselvorgänge 36
 Strahlen 23
 Strahlenschutz 24
 Strahlenwirkung 23
 Strahlungskomplex 31
 Stratum MALPIGHII 23
 Streulichtkurven 8
 Streuung 31
 Sturmwetterlagen 35
 Sulfhydrilkörper 32, 42
 Sulfhydriltheorie v. WELS 25
 Sympathikus 20

Tachykardie 2, 39
 Talgniveau 28
 Talgsekretion 28
 Talwert 13
 tellurische Faktoren 34
 Temperatur 34
 Tetrazofarbstoff T1824 11
 thermischer Komplex 34, 36
 thermische Stressung 36
 Thermorezeptoren 36
 Thymonukleinsäure 31
 Tiefdruckgebiet 33
 Titrationsacidität 16
 Tonometer 13
 Tonsillitis 5
 Tonuslage 13
 Tracheitis 5
 Trockenheit d. Luft 22
 Tuberkulose 41, 45

Ulcus cruris 43
 Umlaufgeschwindigkeit 14
 Urtikaria 43
 Urtikaria chronika 45
 UVB-Strahlen 25
 UV-Strahlen 23, 39

Vagotonie 18
 Varizellen 45
 Vakuolisierung 23
 vegetatives Nervensystem 22
 Ventrikelextrasystolen 13
 Verdauungsorgane 42
 Verdunstung 18, 33, 37
 verlängertes Mark 15
 Verschmelzungsgrenze 4, 5
 Vitalkapazität 4, 5, 47
 Vitamin-D-Bildung 32
 Vitien 39

Wärmeabgabe 33
 Wärmehaushalt 18

Wärmeregulation 18, 36
 Wasserabgabe 18
 Wasserdampfgehalt 33
 Wasserstoff 31
 Wasserstoffionenkonzentration 11
 weiße Blutkörperchen 8
 Wettereinflüsse 45
 Wetterfähigkeit 33
 Wetterphasen 34
 Widerstand, peripherer 2
 Wind 33
 Windgeschwindigkeit 30, 33
 Windrichtung 34
 Windstärke 34

Xeroderma pigmentosum 25

Zentralnervensystem 19, 21
 Zuckerhaushalt 18
 Zuckeroxydation 18
 zyklonaler Wetterumschlag 34
 Zyklone 33, 34

Lebenslauf

Am 24. August 1938 wurde ich in Wolfach als Tochter des Tierarztes Dr. Michael Herrel und seiner Ehefrau Liesel Herrel, geb. Hilzinger geboren.

Von 1944 an besuchte ich 4 Jahre die Volksschule in Willstätt, danach 9 Jahre das Gymnasium in Offenburg und Kehl. 1957 legte ich am Gymnasium Kehl die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1957 begann ich das Studium der Zahnmedizin an der Ruprecht-Karl-Universität in Heidelberg, wo ich bis zum Physikum nach dem Sommersemester 1959 immatrikuliert war. Die fünf klinischen Semester studierte ich an der Ludwig-Maximilians-Universität in München, wo ich im Juli 1962 das Staatsexamen ablegte. Seit August 1962 arbeite ich als zahnärztliche Assistentin.



